



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DISEÑO UTILIZANDO FERROCEMENTO DE UNA PISCINA FAMILIAR, INCLUIDO HIDROMASAJE, VESTIDORES Y POSIBILIDADES DE PREFABRICACION.

Monografía previa a la
obtención del título de
Ingeniero civil

Autores:

JAVIER CRESPO IÑIGUEZ
ESTEBAN URGILÉS ORTIZ

Director:

Prof. ING. ANGEL JULVER PINO

Cuenca – Julio 2011



RESUMEN

La presente tesina presenta la formulación y cálculo de los elementos estructurales de una piscina familiar, utilizando como material de construcción el ferrocemento, para lo que se ha tomado en cuenta los efectos sísmicos, siguiendo las recomendaciones dadas por el ACI (American Concrete Institute), en su capítulo de obras hidráulicas y sanitarias. Como ejemplo ilustrativo se presenta el dimensionamiento de una piscina de 10m x 8m. Una vez dimensionados los elementos estructurales, se procede a implementar el sistema hidráulico (dentro de la cual está el sistema de hidromasaje), para el correcto funcionamiento de la misma, para lo que se toma en cuenta las experiencias que se aplican en piscinas de hormigón armado, y que son perfectamente aplicables a las piscinas de ferrocemento.

Como parte del presente trabajo se da la implementación de un pequeño vestidor de ferrocemento, para lo cual se ha tomado en cuenta las experiencias dadas en Centro América, en la construcción de viviendas de bajo costo, y rápida construcción.

Como último punto se presenta las posibilidades de prefabricación de este tipo de estructuras, donde la experiencia de países tales como Cuba, ha dado un punto de vista claro acerca de los pasos, y recomendaciones que se deben seguir para que la sistematización en la construcción resulte exitosa

**CONTENIDO**

CAPITULO 1	5
INTRODUCCIÓN	5
1.1.- INTRODUCCIÓN	5
1.2.- OBJETIVOS	6
1.3.- JUSTIFICACIÓN	6
CAPITULO 2	8
ESTADO DEL ARTE	8
2.1.- DEFINICION DE FERROCEMENTO	8
2.2.- ANTECEDENTES	9
2.3.-CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS.....	11
2.4.-METODO DE CÁLCULO.....	12
Método de las tensiones admisibles	13
CAPITULO 3	16
DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PISCINA DE FERROCEMENTO	16
3.1 GENERALIDADES.....	18
3.2.-ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE PARED.....	20
3.3 ANALISIS DE LOS ELEMENTOS RIGIDIZADORES.....	30
3.4.-ANALISIS DE LA LOSA DE FONDO	33
3.5.-ANALISIS SISMICO	33
3.6.-SOLUCION CONSTRUCTIVA PARA LA PISCINA DE FERROCEMENTO...	79
POSIBILIDADES DE PREFABRICACIÓN.....	79
3.7.-SECUENCIA CONSTRUCTIVA	81
3.8 IMPLEMENTACION DE VESTIDORES DE FERROCEMENTO.....	82
CAPITULO 4	85
IMPLEMENTACION DEL SISTEMA HIDRAULICO	85
4.1.-CONCEPTOS Y PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA PISCINA	85
4.2.- PARAMETROS DE CÁLCULO	94
4.3.-RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO HIDRAÚLICO DE LA PISCINA [3]	96
4.4.-CALCULOS.....	98



CAPITULO 5	110
CONCLUSIONES.....	110
BIBLIOGRAFIA	111



CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN

El factor más importante dentro de la construcción de obras civiles, además de las complejidades que se pueden presentar por la misma naturaleza de la obra, es el factor económico, es por este aspecto en particular, que la utilización del ferrocemento como material de construcción es muy atractivo para países en vías de desarrollo como el nuestro, al ferrocemento se puede definir como: *“un tipo de hormigón armado, el mismo que está formado por una matriz de mortero de arena y cemento hidráulico, reforzada con una armadura altamente subdividida y distribuida en la masa del mortero, la cual posee alta resistencia compacidad y elasticidad”*[1]

El ferrocemento es un material que puede ser utilizado en diferentes construcciones como, cubiertas, elementos de pared, depósitos de líquidos y gases, barcos, silos y almacenes, canales de riego, etc.

El ferrocemento posee muchas ventajas comparativas con respecto al hormigón armado, entre las cuales se observa: mejores propiedades mecánicas, mayor durabilidad, mayor resistencia al agrietamiento.

En nuestro país en particular, el desarrollo en la construcción de piscinas de ferrocemento, tema de la presente monografía, no se ha generalizado, tan solo se observan pocas construcciones de esta naturaleza dispersas a lo largo del país. La construcción en general de estructuras de ferrocemento, requieren un alto control de calidad, en todas las fases de la construcción, ya que se maneja espesores de laminas pequeños donde los errores son comunes, asimismo el control de calidad el momento del emplastecido del mortero en el refuerzo es clave para el correcto funcionamiento de la estructura, de manera particular en piscinas, donde al ser un almacén de líquido las fisuras no están permitidas, ya que causarían el colapso de la estructura.

La presente monografía, tiene por objeto presentar el diseño de una piscina rectangular de ferrocemento, de tamaño familiar, para lo cual se presentaran las formulaciones específicas más convenientes de adoptar para el diseño, luego de esto se detallará la implementación de un sistema de hidromasaje, acorde a las



dimensiones de la piscina. Adicionalmente se presentarán planos tipo y especificaciones técnicas para la implementación de vestidores.

Como último punto de análisis se presentará las posibilidades que se tienen de prefabricación para este tipo de estructuras, y el análisis de precio para la estructura completa, lo cual nos servirá para hacer un análisis comparativo con precios de estructuras de la misma naturaleza que estén construidas en hormigón armado, basándonos en presupuestos de obras de las mismas características que hayan sido construidas en nuestra región.

1.2.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una piscina y vestidores utilizando como material de construcción el ferrocemento, implementar un sistema de hidromasaje a dicha piscina, y explorar las posibilidades de prefabricación para este tipo de estructuras.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir una formulación específica para el dimensionamiento de la pared y rigidizadores del depósito que sea aplicable a piscinas de ferrocemento según las condiciones indicadas.
- Identificar y aplicar las recomendaciones dadas por el código ACI-305, para el correcto diseño de la piscina de ferrocemento.
- Identificar y aplicar las recomendaciones que se dan para la construcción de viviendas de ferrocemento que sean aplicables a los vestidores.
- Definir e implementar los sistemas de hidráulicos necesarios para la instalación de un sistema de hidromasaje acorde a las dimensiones de la piscina.
- Establecer las posibilidades para la prefabricación y sistematización de este tipo de estructuras.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Dentro de nuestro país la construcción de piscinas, ya sean estas para uso recreativo o no, son construidas en su mayoría en hormigón armado, utilizando espesores de paredes mayores a los 5cm, lo cual implica un alto costo de construcción; tomando las experiencias de otros países en donde se han construido gran cantidad de piscinas de diversas formas con gran éxito, Es por ello que la presente tesina pretende mostrar un ejemplo de diseño de una piscina en ferrocemento , la cual pueda adoptarse dentro de nuestra región tanto para



abaratando costos como para lograr una optimización en los materiales de construcción utilizados.

El uso del ferrocemento en la construcción de piscinas y depósitos de agua, es adecuado por las siguientes razones:

- Las técnicas de construcción que se utilizan son simples, no se necesitan de grandes maquinarias ni de equipos pesados para su ejecución plena.
- Los materiales son de fácil accesibilidad y se encuentran en todas las regiones, tanto los áridos como el cemento y las telas de malla de acero necesarias para la construcción.
- Los obreros que realizan este tipo de obras no necesitan de conocimientos ni técnicas complejas, necesitan de las técnicas que habitualmente conocen.

“El acero corrugado galvanizado ha sido ampliamente utilizado en el pasado para el almacenamiento de agua pero, sin embargo resulta caro, se corroe y falla en 5-10 años hasta en condiciones de buen mantenimiento. En cambio, la vida útil de un depósito hecho a base de mortero armado puede llegar a los 50 años de uso in-interrumpido.

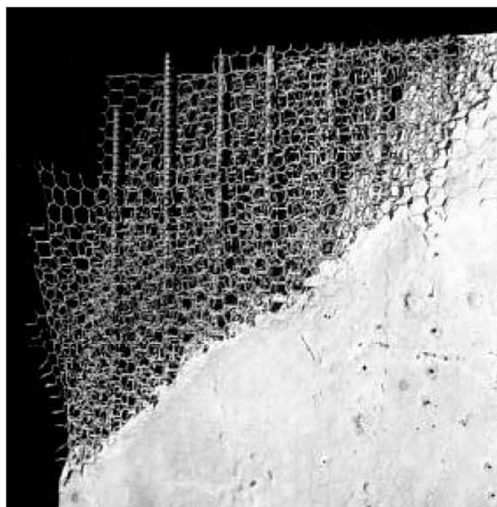


CAPITULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1.- DEFINICION DE FERROCEMENTO

El Comité 549 del ACI (American Concrete Institute) adoptó la siguiente definición de ferrocemento: “El ferrocemento es un tipo de hormigón armado que se construye en secciones de pared delgada habitualmente utilizado con mortero de cemento hidráulico reforzado con capas muy juntas de malla de alambre continuas y de diámetro relativamente pequeño. La malla puede ser de acero u otro material que resulte adecuado”.



Sección Típica de ferrocemento (Foto tomada de State-of-the-Art Report on Ferrocement)

El ferrocemento se construye en paneles delgados de habitualmente de menos de 25 mm de espesor, con un fino recubrimiento encima de la capa mas externa de refuerzo, la diferencia más notoria con el hormigón armado es que en algunos casos el mortero puede colocarse directamente en la obra, sin encofrado.

El término ferrocemento implica la utilización de mallas de refuerzo de acero, sin embargo los últimos avances tecnológicos estudian la utilización de mallas que sean resistentes a los álcalis, estos pueden ser: fibra de vidrio, mallas fabricadas de materiales orgánicos como propilenos, o bien naturales como por ejemplo el bambú.

2.2.- ANTECEDENTES

Como se menciona en la introducción de la presente monografía el ferrocemento ha sido utilizado ampliamente en varios países del mundo, tomo interés desde la escasez de materiales para la fabricación de barcos durante la primera mundial, desde ese momento se empezaron a descubrir sus propiedades y las innumerables aplicaciones que tiene.

A principios de los 70 el interés de los investigadores y la comunidad científica volvió la cara hacia este material en el cual encontraron un fértil campo para la investigación. Un gran número de artículos comenzaron a aparecer en la literatura



y las especulaciones acerca del uso del ferrocemento como material estructural comenzaron a crecer. Un importante desarrollo fue la fundación del “Internacional Ferrocement Information Center” (IFIC) en el Asian Institute of Technology, en Bangkok en 1976. Este organismo ha mantenido desde entonces una gran producción de trabajos y artículos sobre el tema. Este centro elabora una de las pocas publicaciones sistemáticas que sobre ferrocemento se editan a nivel mundial hasta el presente, el “Journal of Ferrocement”. El 1974 se organiza en el ACI el comité 549 con la misión de estudiar y reportar las propiedades ingenieriles, métodos constructivos y aplicaciones prácticas del ferrocemento [3].ACI REPORT ON FERROCEMENT

Para la presente monografía nos remitiremos a la experiencia que se ha tenido especialmente en Cuba, donde el Profesor Hugo Weinshtok Rivas, tomando como referencia los criterios de diseño del Ingeniero Lafael Petroni de la Escuela de Ingeniería de San Carlos, Brasil, proyecto la primera piscina de ferrocemento en Cuba , la misma que tuvo gran éxito y ha funcionado más allá de la vida útil proyectada sin, problemas de agrietamientos ni daños estructurales; la misma que ha servido para que desde esa fecha (25 años atrás), la construcción de este tipo de piscinas se generalice en aquel país.



Piscina de Jibacoa, primera piscina construida en Cuba (Foto tomada del libro “FERROCEMENTO” Dr. Hugo Weinshtok Rivas)

En la construcción de piscinas de ferrocemento la recomendación principal es, que estas deben ser construidas semienterradas, ya que así, se consigue un balance entre la cantidad de material excavado y el que se necesita para conformar el terreno en los alrededores de la piscina; esto abarata el costo en general de la ejecución de este tipo de obras.



“Las piscinas de ferrocemento pueden tener cualquier configuración en planta y profundidad constante o variable y se pudieron lograr profundidades de hasta 2.20m sin ninguna dificultad manteniendo espesores entre 20 y 35 mm.” [1] Pag 279

Para la construcción de piscinas de ferrocemento se debe hacer un estudio de suelo que nos de información detallada acerca de la ubicación del nivel freático, ya que las piscinas de ferrocemento no pueden ser construidos por debajo del mismo, debido a que la cualquier subpresión provocaría el colapso del fondo, debido a la poca rigidez en el plano vertical de la lamina de ferrocemento con una superficie tan grande y un espesor tan pequeño.

2.3.-CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

El ferrocemento que se utiliza en el caso de piscinas está compuesto por una malla de refuerzo, alambres, la matriz de mortero y aditivos que ayudan a la impermeabilización; los mismos que se describen brevemente a continuación.

MORTERO

Los principales componentes del mortero son: Arena, Cemento y Agua.

La matriz de mortero utilizada en ferrocemento está compuesta de cemento hidráulico y material inerte (árido) se recomienda que este sea tamizado por el T#8 con una abertura de 2.38mm.

El cemento empleado para el mortero debería ser de tipo ordinario portland y en ocasiones va mezclado con alguna puzolana.

Los aridos empleados deben tener la siguiente granulometría según el libro FERROCEMENTO del Dr. Hugo Weinshtok propone los siguientes valores.

Tamices		% Pasa	
Nº.	Abertura (mm)	Paneles y otros	Barcos
3/8	9,50	100	100
4	4,75	95-100	100
8	2,38	80-100	100
16	1,16	50-85	70-1
30	0,60	25-60	45-7
50	0,30	25-30	25-45
100	0,15	2-10	5-15

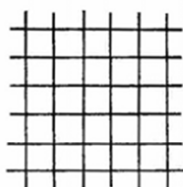


El agua debe ser fresca y también debe estar libre de productos químicos disueltos o materia orgánica. Un agua limpia es esencial para un mortero durable y resistente.

ARMADURA DE REFUERZO

La función del acero de refuerzo en el ferrocemento es en una primera instancia conformar el elemento que se va a construir, y en una segunda fase soportar los esfuerzos de tracción que se presenten cuando la estructura se ponga en servicio, dichos esfuerzos que no pueden ser absorbidos por el mortero estructural.

Las telas de mallas de acero más utilizadas en el ferrocemento son las siguientes:



Malla cuadrada



Malla hexagonal

Tela de malla hexagonal (Malla de Gallinero)

Está formada por el doblamiento de alambres, es la más utilizada debido a la disponibilidad, y a la facilidad de su manipulación para conformar elementos, se encuentran con diámetros de 0,5 a 1,5mm, con separaciones entre 12.5 y 25mm.

Electromallas (mallas electrosoldadas)

Es el refuerzo utilizado generalmente para el denominado acero de esqueleto, que conforma el reticulado sobre el que se colocan las mallas de alambre. Está formado por barras de diámetro de entre 3 y 10mm, la separación entre barras puede llegar hasta 30cm.

2.4.-METODO DE CÁLCULO

Para el diseño estructural de la piscina de ferrocemento objetivo de la presente monografía se ha utilizado el método de cálculo utilizando las formulaciones de la resistencia de materiales. Por lo que se presenta a continuación, la obtención de las formulas necesarias para el desarrollo del mismo.



Método de las tensiones admisibles

La sollicitación a la cual están sometidas las paredes de la piscina de ferrocemento es a flexión, el método de la resistencia de materiales considera al ferrocemento como un material homogéneo y elástico, hasta la ocurrencia de la primera grieta.

Para la sección sin agrietarse la fórmula de flexión de la resistencia de los materiales $\sigma = \frac{M}{W}$, donde $W = \frac{I}{y}$ se puede aplicar directamente, con mayor precisión si se asume que la sección transformada, aunque a menudo como una primera aproximación el momento de inercia I_{tr} se toma como el mismo valor al de la sección bruta relativa a la carga de servicio, donde se asume que los materiales componentes permanecen en régimen elástico aun cuando la sección está agrietada (grietas menores de 0,1 mm).

Considerando el caso más general:

$$E_{ft} = E_{fc}$$

Las ecuaciones generales de equilibrio a cumplir son:

$$\text{Ecuación de fuerza } \int \sigma d_a = 0$$

$$\text{Ecuación de momento } \int \sigma y d_a = M$$

La expresión para la máxima tensión a compresión o tracción vendrá dada por:

$$\sigma_{fc} = E_{fc} \epsilon_{fc}$$

$$\sigma_{ft} = E_{ft} \epsilon_{ft}$$

Para la sección rectangular, la ecuación de equilibrio de fuerzas se desarrolla de la siguiente manera:

$$\frac{1}{2} \sigma_{fc} h_c b = \frac{1}{2} \sigma_{ft} h_t b$$

Pero como $h_t = h - h_c = \frac{h}{2}$

Por lo tanto la fuerza resultante de tensión es:

$$F = \frac{1}{2} \sigma_{ft} \frac{h}{2} b = \frac{1}{4} \sigma_{ft} h b$$

La cual está ubicada a 1/3 de la base.

Por tratarse de una sección rectangular:



$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Los esfuerzos permisibles para los materiales constitutivos (σ) y para el conjunto, tienen que ser especificados.

Los esfuerzos a la tensión permisibles en el acero pueden ser generalmente tomados como $0,6 R_a$, donde R_a es la tensión en el límite elástico. Sin embargo, para estructuras sanitarias o depósitos de agua es preferible limitar los esfuerzos de tensión a $0,5R_a$, ha menos que el ancho de grieta medido en un ensayo modelo, indique que un esfuerzo mayor no perjudique el trabajo de esta.

FACTOR DE VOLUMEN DEL REFUERZO

El factor volumen del refuerzo, (V_r), es la relación del volumen del refuerzo al volumen del compuesto.

$$V_r = \frac{V_{\text{refuerzo}}}{V_{\text{compuesto}}}$$

En la definición anterior, el volumen del refuerzo incluye el acero de esqueleto en el caso de tracción directa, no así en flexión cuando este está localizado en el centro de la sección.

En caso de tela de malla rectangular, el factor de volumen puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$V_r = \frac{N\pi(d_a)^2}{4h} \left(\frac{1}{D_l} + \frac{1}{D_t} \right)$$

De donde:

N = número de capas de tela de mallas

d_a = diámetro del alambre de la malla

D_l = Distancia entre los alambres longitudinales

D_t = Distancia entre los alambres transversales

h = espesor de la lámina de ferrocemento

SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL REFUERZO



La superficie específica del refuerzo es la relación entre el área total superficial del refuerzo en contacto con el mortero y el volumen del compuesto, o sea, el área superficial del refuerzo por unidad de volumen del compuesto.

$$S_r = \frac{\text{Area superficial del refuerzo}}{\text{Volumen del compuesto}}$$

Para una tela de mallas con diámetro del alambre (o diámetro equivalente) d_r , se puede demostrar fácilmente que:

$$S_r = \frac{\pi d_r (D_t + D_l) N}{h D_t D_l}$$

Y multiplicado y dividido por $4d_r$ se obtendrá la siguiente expresión:

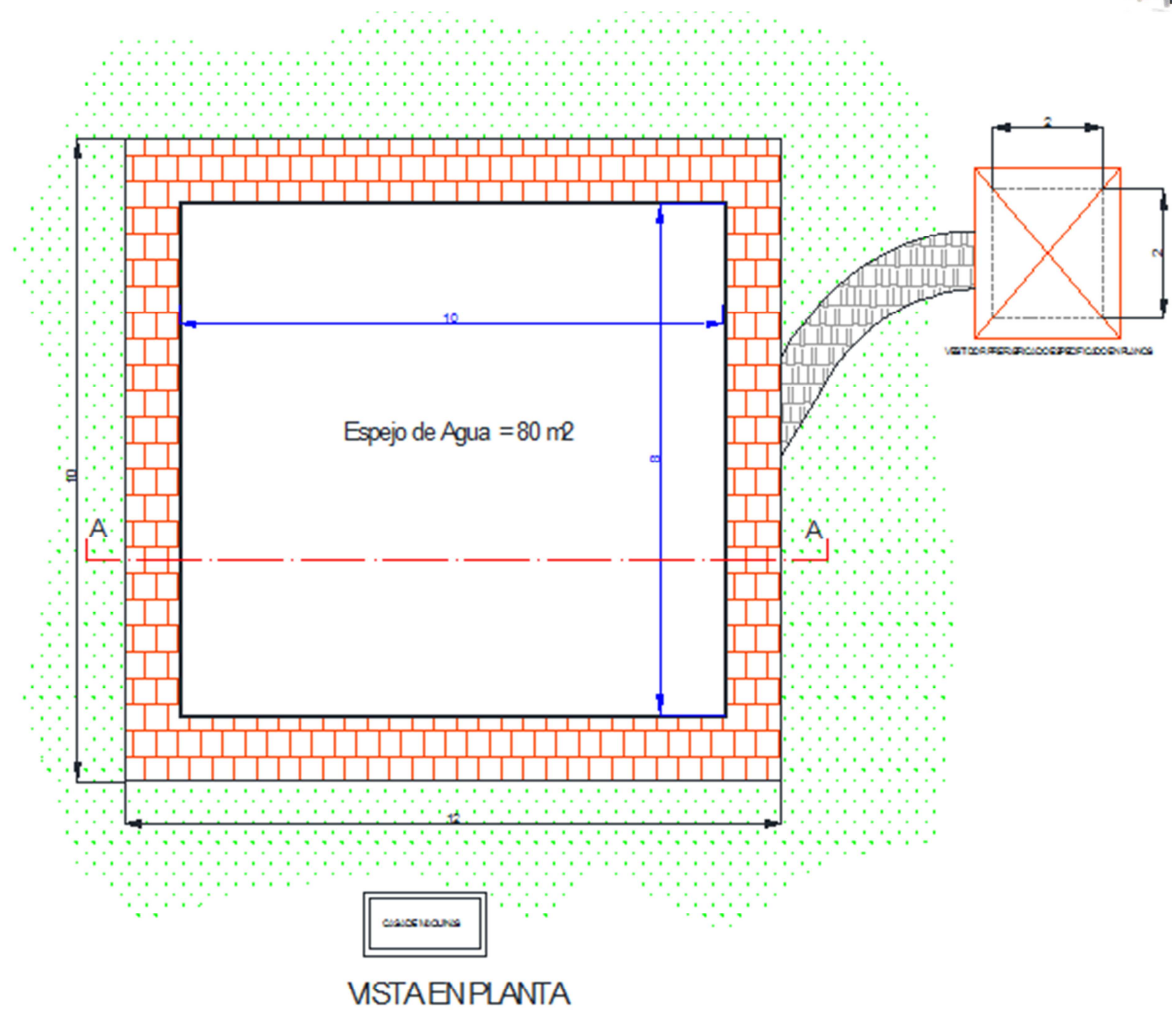
$$S_r = \frac{4\pi d_r^2 (D_t + D_l) N}{4h D_t D_l} = \frac{4V_r}{d_r}$$

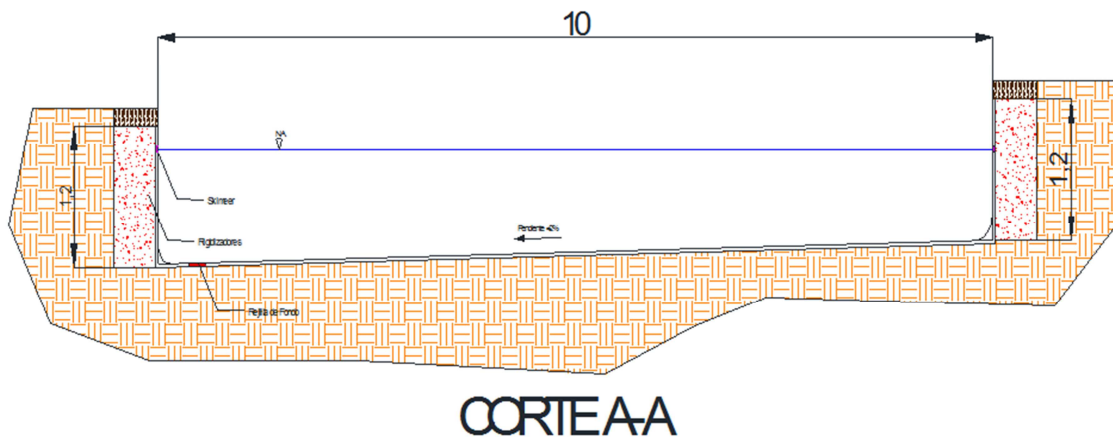


CAPITULO 3

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PISCINA DE FERROCEMENTO

Se presenta un esquema de la piscina que se pretende diseñar.





3.1 GENERALIDADES

El diseño de una piscina de ferrocemento en general, consiste en encontrar la armadura de refuerzo y espesores para los siguientes elementos:

- Paredes Laterales
- Rigidizadores
- Losa de fondo

Para lo cual se han seguido los siguientes criterios de diseño, tomados del libro "FERROCEMENTO", del Dr. Hugo Weinshtok Rivas.

- Se tomara el diagrama simplificado para la curva en el acero
- El diámetro de los alambres utilizados en las telas de mallas se recomienda que esté entre 0.5mm y 1.5mm aunque valores entre 2mm y 2.5mm se han aplicado en telas de mallas electrosoldadas.
- La fracción de volumen de refuerzo V_r (relación de volumen de acero/volumen de la matriz) en ambas direcciones no debe ser menor que el 1.8%. La superficie específica total del refuerzo S (relación entre el área superficial del acero y el volumen de la matriz) no debe estar por debajo de $0,5 \text{ cm}^{-1}$, Se recomienda usar como mínimo, para depósitos de agua el doble de este valor. Para obtener la superficie específica del refuerzo no es preciso tener en cuenta el acero de esqueleto en caso que exista, mientras que si debe ser considerado para determinar V_r
- El recubrimiento mínimo neto recomendado para el refuerzo es aproximadamente de 3mm. Sin embargo un valor menor puede ser usado si se prevé que el acero sea galvanizado, la superficie está protegida y el ancho de grieta limitado a un valor por debajo de 50 micras.



- Se recomienda que para espesores de 12.5mm (normas de la IFS) si el recubrimiento neto no exceda de $1/5$ del espesor o 5mm, con vistas a asegurar una apropiada distribución de la malla en todo el espesor. A pesar de esto el recubrimiento dado en primera instancia por el medio ambiente existente el autor recomienda: para ambientes protegidos: 3mm, para ambientes expuestos: 4mm, para ambientes agresivos: 5mm, para ambientes muy agresivos: 6mm.
- Para cierto elemento de ferrocemento (sin refuerzo de esqueleto), de espesor (h), la abertura de las mallas no debe ser mayor que (h), por otro lado, el numero de telas de mallas (N), debe ser como mínimo dos.
- Si el método de diseño es el elástico los esfuerzos permisibles para los materiales constitutivos (σ) y para el conjunto, tienen que ser especificados, los esfuerzos a la tensión permisibles en el acero pueden ser generalmente tomados como $0.60R_a$, donde R_a es la tensión en el límite elástico. Sin embargo para estructuras de depósito de agua o sanitarias es preferible limitar los esfuerzos de tensión a $0.5R_a$, a menos que el ancho de grieta medido en un ensayo modelo, indique que un esfuerzo mayor no perjudique el trabajo de esta.
- Para elementos de ferrocemento sometidos a tracción, una tensión permisible para el conjunto de 5Mpa puede funcionar como primera aproximación para determinar el espesor (h) requerido por elemento si se usa una tela de mallas cuadrada soldada, si es hexagonal se recomienda una tensión de 3.5Mpa.
- El esfuerzo de compresión permisible en el compuesto en el compuesto puede ser tomada como $0.45R_b$ donde R_b es la resistencia de compresión en el mortero.
- Se limitan a 207Mpa los esfuerzos por fatiga en las estructuras de ferrocemento sometidas a 2 millones de ciclos. Valores que no excedan los 248Mpa pueden utilizarse para un millón de ciclos de carga. La fatiga es controlada fundamentalmente por el esfuerzo en estructuras sometidas a tracción flexión.
- Para lograr una buena laborabilidad hay que garantizar una buena matriz y optimizar los parámetros que reduzcan el riesgo de corrosión. Se recomienda una buena compactación del mortero y una relación agua/cemento de 0.35 a 0.45 en peso. Para evitar el efecto galvánico entre la cubierta de zinc del alambre galvanizado y el álcali libre de la pasta de cemento, es aconsejable añadir trióxido de cromo en proporción de 300ppm



- Las delgadas secciones del ferrocemento y la dispersión del acero en ellas hacen a este material muy flexible y aunque otros criterios controlen el diseño se recomienda una flecha máxima de $L/40$.
- El diámetro de los alambres utilizados en las telas de mallas se recomienda que este entre 0.5 y 1.5
- El modulo de elasticidad del mortero a la compresión E_b y a la tracción E_t se toman generalmente como 0,8% del hormigón el de deformación transversal (coeficiente de Poisson) se admite que sea igual a 0,2 y el de cizallamiento (G) igual a $0,4E_b$.
- El coeficiente de deformación lineal de temperatura Δb_t del mortero en un intervalo de (-40°C) hasta (50°C)
- Para la protección contra la corrosión y el aseguramiento de la adherencia entre la armadura y el mortero la resistencia de este no debe ser menor de 25Mpa
- Las tensiones máximas de compresión existentes en la armadura situada en la zona comprimida de la sección y adherida al mortero, aunque sean mayores se consideraran de 200Mpa debido a su pequeño diámetro si no hay adherencia el valor es de 0.

3.2.-ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE PARED

Las telas de malla que se van a utilizar para el diseño de la piscina son telas de malla cuadradas con las siguientes características.

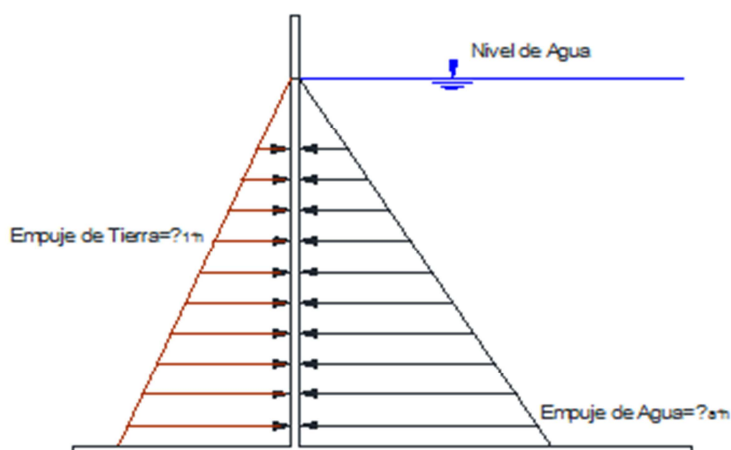
Diametro de los alambres	1.1mm
Separación	12.7mm

Antes de empezar el diseño se debe definir el tipo de suelo de relleno a colocar en la ejecución de la piscina, los valores asumidos para el tipo de suelo en nuestro caso se ha elegido el suelo de relleno típico de nuestra región, los cuales tienen los siguientes parámetros.

Angulo de Fricción ϕ	$30^\circ-33^\circ$
Peso especifico seco	$1700-1900 \text{ kg/m}^3$



Como se puede observar en gráfico las paredes están sometidas al empuje del agua y al empuje del suelo, en el caso que la piscina esté llena, y en el caso que la piscina esté vacía se toma solo el empuje del suelo.



Conociendo el modelo físico de las placas laterales, las cuales están empotradas en 3 de los 4 lados, se procede a la determinación de los momentos flectores que se producen en los bordes, para lo cual se utilizan las tablas de la PCA (Portland Cement Association), las mismas que dan los siguientes valores.

ESFUERZOS	Valores del coeficiente para h/a o h/b							
Coef	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Mve	0.137	0.115	0.092	0.073	0.057	0.046	0.039	0.035
Mvm	0.009	0.003	0.008	0.012	0.013	0.013	0.011	0.010
Mhe	0.060	0.054	0.005	0.046	0.042	0.038	0.034	0.030
Mhm	0.027	0.030	0.028	0.023	0.019	0.017	0.015	0.013
Vmax	0.470	0.450	0.430	0.415	0.375	0.340	0.320	0.295

Donde:

Mve: Momento vertical de empotramiento
Mvm: Momento vertical máximo de vano
Mhe: Momento horizontal de empotramiento
Mhm: Momento máximo horizontal de vano
Vmax: Cortante Máximo

HIPOTESIS 1 (PISCINA VACIA)



Para este caso, tenemos que calcular el empuje activo del terreno.

$$K_a = \left(\tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2$$

$$K_a = \left(\tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2$$

$$K_a = 0.33$$

a.1) Cálculo de las placas laterales de la piscina: Las placas tendrán una altura de 120 m. y una longitud de 120cm.

- Presión activa del suelo " σ_{as} "

$$\sigma_{as} = K_a * h * \gamma$$

$$\sigma_{as} = 0,33 * 1.20 * 1700$$

$$\sigma_{as} = 680 \text{ kg/m}^2$$

En la parte superior de la piscina se deben considerar sobrecargas, las mismas que según las especificaciones técnicas consultados en varios manuales, se estiman en un valor de 200kg/m^2 , con lo que se tiene.

$$\sigma_{as} = 880 \text{ kg/m}^2$$

- Empuje activo del suelo sobre la placa de 120x120 cm del fondo de la piscina

$$E_a = \sigma_{ac} * 1.20 * 1.20$$

$$E_a = 880 * 1.20 * 1.20$$

$$E_a = 1267.2 \text{ kg}$$

- Cada placa se considerara como si estuviera empotrada en tres lados. La distancia entre rigidizadores asumiremos 120cm. Entonces cada placa tendrá una dimensión de 120x120cm.
- Los momentos se calcularan mediante la tabla expuesto anteriormente, dicha tabla nos da el coeficiente en función de la geometría de las placas,



para nuestro caso, la relación entre lados es 1, con lo que obtenemos la siguiente tabla.

Esfuerzos	Coeficiente	$M = \text{Coef} \cdot q \cdot h^3$
Mve	0.035	5323
Mvm	0.010	1521
Mhe	0.030	4562
Mhm	0.013	1977
Vmax	0.295	448

A continuación se presenta la gráfica de momentos:



- Espesor del ferro- cemento "h"

$$M = \sigma_{agr} \cdot w$$

Donde:

σ_{agr} = tensión de agrietamiento a flexión, como se expuso en el principio de este capítulo la tensión de agrietamiento a flexión para el compuesto de ferrocemento, se tomara como 5Mpa, ya que se está utilizando mallas hexagonales.

w = modulo de la seccion

$$M = \sigma_{agr} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$4562 = 50 \cdot \frac{100 \cdot h^2}{6}$$

$$h = 2.34 \text{ cm}$$

Se asume $h = 3 \text{ cm}$



- Cálculo de la fuerza “F”

$$F = \frac{b * h * \sigma_f}{4}$$

$$F = \frac{100 * 3 * 50}{4}$$

$$F = 3750 \text{ kg}$$

- ✓ Área de acero de la parte traccionada “Aa”

$$A_a = \frac{F}{\sigma_a}$$

$\sigma_a = 0.5 * R_a$ Tensión admisible del acero para depósitos

$$A_a = \frac{3750}{0,5 * 4000}$$

$$A_a = 188 \text{ mm}^2$$

- ✓ Área de acero de una tela de malla de 100cm de longitud “aa”

$$aa = \frac{\pi D^2}{4} * \frac{100}{@}$$

$$aa = \frac{\pi * 1,1^2}{4} * \frac{100}{1,27}$$

$$aa = 74,83 \text{ mm}^2$$

- ✓ Número de capas de telas de malla “N”

$$N = \frac{A_a}{aa}$$

$$N = \frac{188}{74,83}$$

$$N = 2.5$$

Se asumen $N = 3$ capas de tela de malla, por seguridad

- ✓ Superficie específica “S”



$$S = D * 3,14 * l * \left(\frac{b}{sep}\right) * N * \frac{2}{b * l * 0,5 * h}$$

$$S = 1,2/10 * 3,14 * 100 * \left(\frac{100}{sep}\right) * 3 * \frac{2}{100 * 100 * 0,5 * 3}$$

$$S = 0,8 \text{ cm}^{-1}$$

Para depósitos de agua la superficie específica debe ser mayor a 1 cm^{-1} .
(Cumple)

✓ **Factor de Volumen “Vr”**

$$Vr = D^2 * \frac{3,14}{4} * l * \left(\frac{b}{sep}\right) * N * \frac{2}{b * l * 0,5 * h}$$

$$Vr = \left(\left(\frac{1,1}{10}\right)^2 * 3,14\right) / 4 * 100 * \left(\frac{100}{1,27}\right) * 3 * \frac{2}{100 * 100 * 0,5 * 3}$$

$$Vr = 2,99 \%$$

El factor de volumen tiene que cumplir la siguiente codicion $1,8\% \leq S \leq 8 \%$

Mediante el mismo procedimiento utilizado, se calcula el numero de telas de mallas necesarias para resistir el momento positivo.

Con la grafica de momento, localizamos el momento positivo que en nuestro caso sería: 1977 kg.cm, sabiendo que

$$M = \sigma * \frac{b * h^2}{6}$$

Despejamos la tensión σ que se tiene con ese momento, con lo cual obtenemos:

$$\sigma = \frac{6 * M}{b * h^2}$$

$$\sigma = \frac{6 * 1977}{100 * 3^2}$$

$$\sigma = \frac{6 * 1977}{100 * 3^2} = 13.18 \text{ kg/cm}^2$$



Notamos que esta tensión es menor que la tensión de agrietamiento de 50kg/cm². Con este valor y apoyándonos en el diagrama de tensiones de la sección de ferrocemento tenemos:

$$F = \frac{b * h * \sigma_f}{4}$$

$$F = \frac{100 * 3 * 13.18}{4}$$

$$F = 988.5 \text{ kg}$$

Con este valor calculamos el área de acero necesaria.

$$A_a = \frac{988.5}{\sigma_a}$$

$\sigma_a = 0.5 * R_a$ Tension admisible del acero para depositos

$$A_a = \frac{988.5}{0.5 * 4000}$$

$$A_a = 50 \text{ mm}^2$$

El numero de tela de mallas es 1, pero esta condición no satisface los requerimientos de Superficie especifica y factor de volumen, requeridos por las normas, por lo que se aumenta a 2 telas de malla para satisfacer esta condición.

Momento a soportar	1977	Kg-m
# de telas de malla necesaria	2	Unidad
Superficie de refuerzo	0.72	cm-1
Factor de volumen	1.995	%

Verificación de las telas de malla en el sentido vertical.

Para la verificación de esta condición, se debe utilizar los valores de momentos en el sentido vertical que se han mostrado al principio del análisis.



Tomamos el momento más grande de 5322 kg-cm, con este valor obtenemos la tensión a la que está trabajando con este momento.

$$\sigma = \frac{6 * M}{b * h^2} = 35.48 \text{ kg/cm}^2$$

Como se puede observar esta tensión es menor que la tensión de agrietamiento para la cual fueron calculadas las mallas en el sentido horizontal, lo cual nos indica que el número de telas de malla para esta tensión igualmente va a ser menor, por lo que no es necesario reforzar la sección.

b) Hipotesis 2 (Piscina llena)

Cuando la piscina está llena existe el empuje hidrostático y un empuje del suelo en reposo. Esta consideración podemos hacer debido a que en la piscina no puede existir mucha deformación.

Para calcular el coeficiente de reposo vamos a utilizar la siguiente expresión dada por Jaky en 1994

$$K_o = 1 - \text{sen} \phi$$

$$K_o = 1 - \text{sen} 30$$

$$K_o = 0,5$$

b.1) Cálculo de las placas laterales de la piscina: Las placas tendrán una altura de 120 cm. y una longitud de 120cm.

- Presión de reposo del suelo " σ_{as} "

$$\sigma_{rep} = K_o * h * \gamma$$

$$\sigma_{rep} = 0,5 * 1,2 * 1700$$



$$\sigma_{rep} = 1020 \text{ kg/m}^2$$

h = altura total de la piscina

- Presión del agua.

$$\sigma_w = \gamma * h$$

$$\sigma_w = 1000 * 1,2$$

$$\sigma_w = 1200 \text{ kg/m}^2$$

- Estas dos fuerzas van estar actuando en dirección contraria y por lo tanto la presión efectiva que va estar actuando sobre la pared va ser la diferencia de las dos:

$$\sigma_{ef} = 1200 - 1020$$

A este valor tenemos que agregar la sobrecarga de 200kg/cm² explicada en el análisis de la piscina vacía.

$$\sigma_{ef} = 380 \text{ kg/m}^2$$

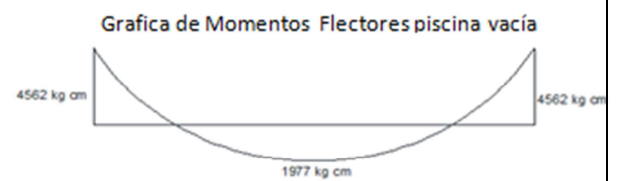
- Cada placa se considerara como si estuviera empotrada en los tres. Por facilidad de construcción la distancia entre rigidizadores asumiremos 120cm. Entonces cada placa tendrá una dimensión de 120x120cm.
- Los momentos se calcularan con las tablas

$$M = coef * \gamma * h^3$$

Esfuerzos	Coeficiente	M=Coef*q*h ³
Mve	0.035	1089
Mvm	0.010	311
Mhe	0.030	933
Mhm	0.013	405

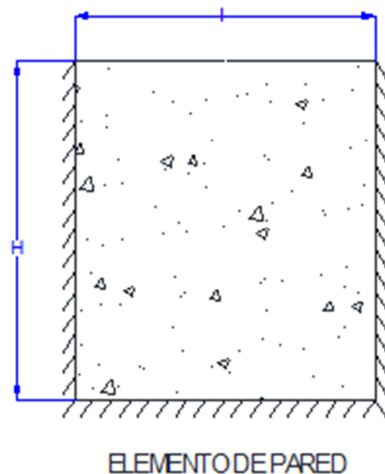
$$M(-) = 933 \text{ kg} - \text{cm}$$

A continuación se presenta las gráfica de momentos correspondientes a los casos de piscina llena y vacía.

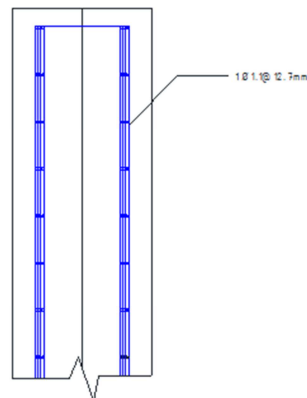


Haciendo una comparación entre las graficas arriba mostradas, se pudo observar que los momentos producidos por los esfuerzos actuantes correspondientes al caso de la piscina vacía son considerablemente mayores que los del caso de piscina llena, por lo que se considerará el caso más desfavorable (piscina vacía), lo cual nos producirá mayor seguridad.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los elementos estructurales laterales de la piscina de ferrocemento.



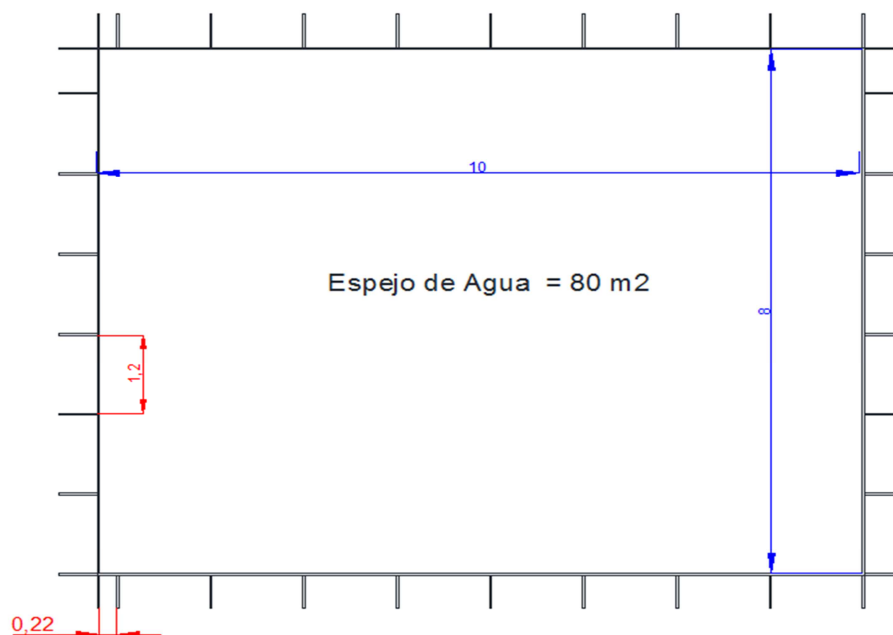
	Unidad	Cantidad
Altura (h)	m	1.20
Distancia (l)	m	1.20
Espesor	cm	3



Seccion de las Paredes de la piscina

3.3 ANALISIS DE LOS ELEMENTOS RIGIDIZADORES

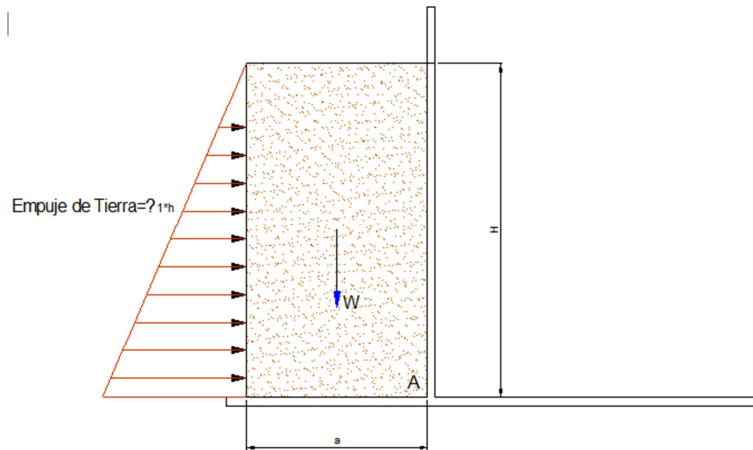
Los elementos rigidizadores tienen la siguiente distribución en la estructura.



Para el diseño de los rigidizadores se toma el caso más desfavorable, que es el caso en el que la piscina está vacía, como se puede observar en la figura, la masa de tierra que se encuentra ubicada entre los rigidizadores, ayuda a la



estabilidad por volteo del mismo; mientras que la masa de tierra que se encuentra fuera de los rigidizadores, produce un momento volcador.



Para hallar el ancho recomendable de la figura se toman momentos con respecto al punto A .

$$Es = \frac{1}{2} * Ka * \gamma_s * H^2 = \frac{1}{2} * 0.333 * 1700 * 1.2^2 = 408 \text{ Kg}$$

$$\text{Brazo de palanca} = \frac{1}{3} * H = \frac{1.2}{3} = 0.4 \text{ m}$$

$$W = \gamma_s * a * H = 1700 * a * 1.2$$

$$\text{Brazo de palanca de } W = \frac{a}{2}$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$a = 50 \text{ cm}$$

COMPROBACION A CORTANTE:

$$q = Ka * \gamma_s * H * L$$

$$q = 0.333 * 1700 * 1.2 * 1.2 = 815 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$



$$F = q * L = 815 * 1.2 = 978 \text{ Kg}$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$V_c = 0.53 * \sqrt{R_b} * a * h$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{280} * 50 * 3 = 1330 \text{ Kgf}$$

$$V_c \geq F \text{ (CUMPLE)}$$

Los rigidizadores tendrán un espesor de 3cm y ancho de 30cm y tienen que resistir el cortante.

- ✓ Fuerza cortante actuante

$$F_a = \sigma_{ac} * 0.9 * 1$$

$$F_a = 850 * 0.9 * 1$$

$$F_a = 765 \text{ kg}$$

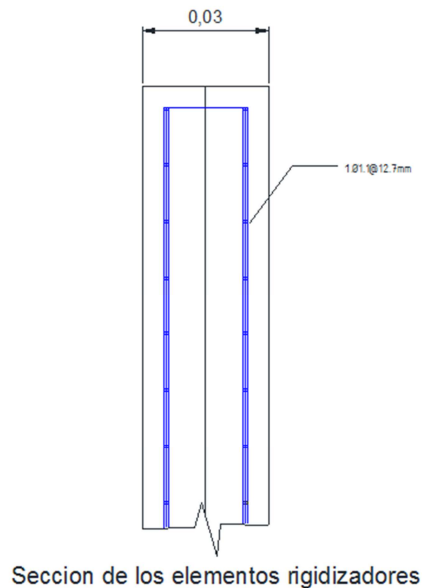
- ✓ Resistencia a corte del mortero

$$V_c = 0.53\sqrt{R'_b} * b_w * h$$

$$V_c = 0.53\sqrt{280} * 3 * 30$$

$$V_c = 800 \text{ kg}$$

- ✓ La resistencia a corte del mortero es mayor que la fuerza cortante actuante y por lo tanto cumple.



3.4.-ANÁLISIS DE LA LOSA DE FONDO

Como se menciona en la introducción de la presente monografía, los elementos de ferrocemento colocados como losas de fondo en piscinas no soportan subpresiones, ya que se trata de elementos con un gran área y con poco espesor, debido a su alta capacidad de impermeabilidad los elementos de ferrocemento pueden ser colocados como losa de fondo, con las mismas características de los elementos de pared, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones.

- ✓ Hacer un estudio de suelos que determine la profundidad del nivel freático, conocido este valor, debe existir una separación de mínimo 40cm para evitar problemas futuros.[2]
- ✓ Luego de conformar el fondo de la piscina se debe compactar el terreno.
- ✓ Analizar la posibilidad de utilizar materiales geotextiles, para aumentar la seguridad.

3.5.-ANÁLISIS SISMICO



Se ha comprobado que durante los sismos, los depósitos que contienen algún fluido pueden fallar. Como resultado de un temblor, el contenido de un depósito para el almacenamiento de líquidos, ubicado sobre el terreno, experimenta una oscilación a causa del movimiento del terreno. El fluido en las proximidades de los muros se acelera hacia un lado y otro, en tanto que el fluido cercano a la parte central del depósito no se acelera, sino que tenderá a oscilar con el periodo natural del chapoteo u oleaje del líquido.

Las presiones del fluido actuando sobre los muros del depósito reflejan estas dos acciones, de las cuales, una de las componentes varía con el tiempo en forma directamente proporcional a las aceleraciones del terreno, en tanto que la otra, varía en el tiempo con el chapoteo u oleaje del líquido.

Para su estudio, las presiones en el líquido generadas por el movimiento horizontal del terreno se han dividido en aquellas asociadas con la inercia del líquido que se acelera con el terreno (presiones impulsivas), además de las que están asociadas con el líquido que oscila con el movimiento de chapoteo (presiones convectivas). Estas presiones dinámicas actúan, tanto en las paredes como en el fondo del depósito.

El análisis se lo realizara mediante el (DISEÑO SISMICO DE ESTRUCTURAS CONTENEDORAS DE LIQUIDOS (ACI 350.3-01) Y COMENTARIOS (350.3R-01))

Fuerzas hidrodinámicas

Puede calcularse la fuerza horizontal que representa la acción resultante de los empujes hidrodinámicos sobre los muros de un depósito de un líquido con un tirante H_L y una masa cuyo peso es W_L , si se aplican a una estructura equivalente, en la que la masa del líquido se substituye por otras dos, M_I y M_C , colocadas, respectivamente, a las alturas H_I y H_C sobre el fondo del depósito (Figura 3.2). Los sufijos I y C denotan respectivamente, impulsiva y convectiva.

La masa M_I está rígidamente unida al depósito, mientras que la masa M_C está ligada a éste mediante un resorte horizontal de rigidez K_C . Los parámetros que definen la estructura equivalente están dados por las expresiones siguientes:

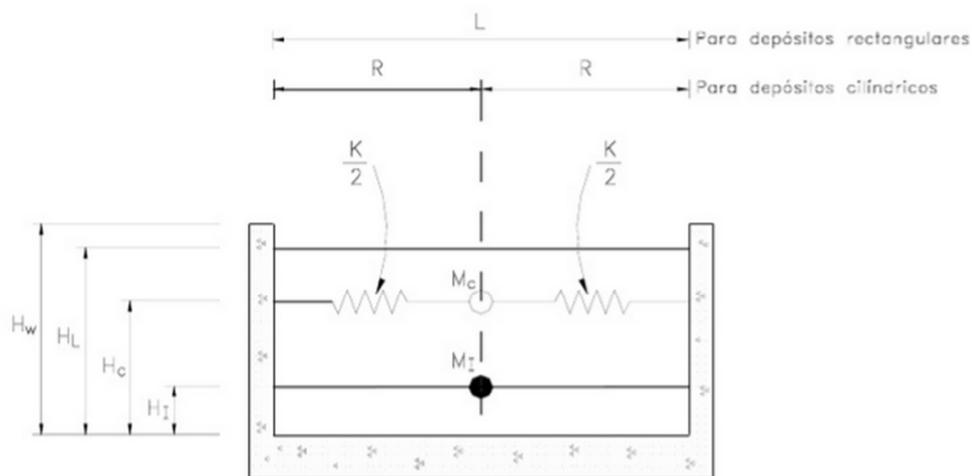
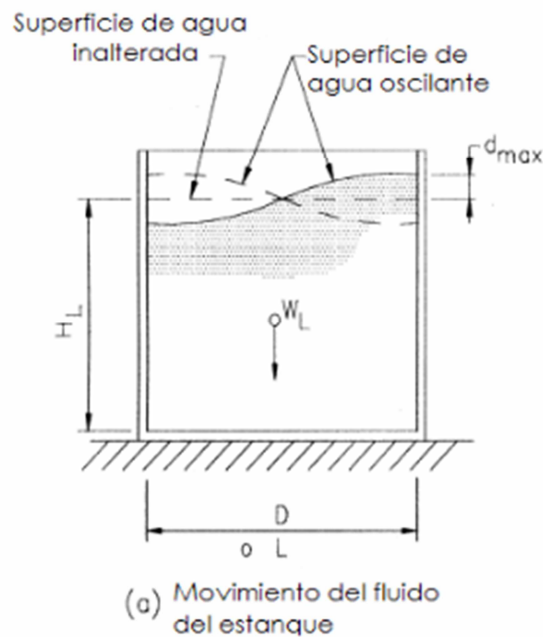


Figura 3.2 Estructura para un depósito sujeto a la acción sísmica



✓ Presiones sísmicas sobre la base. (ACI 350.3-01)(capítulo 4.1)

Los muros de estructuras contenedoras de líquidos serán diseñadas para las siguientes fuerzas dinámicas sumadas a las presiones hidrostáticas:

- Fuerza de inercia P_w y P_r
- Presión impulsiva hidrodinámica P_i del líquido contenido
- Presión convectiva hidrodinámica P_c del líquido contenido
- Presión dinámica de tierra debida a suelos saturados y no saturados contra la porción enterrada de muro



- Y los efectos de la aceleración vertical

✓ **Fuerzas dinámicas laterales. (sección 4.1.1 ACI 350.3.01)**

Las fuerzas dinámicas laterales sobre la base serán determinadas como se muestra a continuación.

$$P_w = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_w}{R_{wi}} \quad (4-1)$$

$$P_w' = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_w'}{R_{wi}} \quad (4-1a)$$

$$P_r = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_r}{R_{wi}} \quad (4-2)$$

$$P_i = ZSIC_i \times \frac{\varepsilon W_i}{R_{wi}} \quad (4-3)$$

$$P_c = ZSIC_c \times \frac{\varepsilon W_c}{R_{wc}} \quad (4-4)$$

✓ **Cortante basal total se calcula con la siguiente expresión. (sección 4.1.2 ACI 350.3.01)**

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2} \quad (4-5)$$

NOTA: (sección 8.1 ACI 350.3-01)

Donde sea aplicable, la fuerza lateral debido a la presión dinámica de la tierra y agua contra la parte enterrada del muro serán consideradas cuando se calcule el corte basal de estanques parcial o totalmente enterrados y cuando se diseñen los muros.

En un análisis pseudo-estático:

- Se asume que la resultante de la componente sísmica de la presión de tierras actúa en un punto 0.6 de la altura de tierras sobre la base.

LIMITACIONES (sección 8.2)

En un tanque enterrado, las fuerzas de relleno no son confiables para reducir los efectos dinámicos del líquido almacenado.



✓ **Fuerzas dinámicas laterales serán calculadas según la (sección 4.1.3 ACI 350.3.01)**

Los momentos debidos a las fuerzas sísmicas en la base del depósito serán determinados como sigue.

- Momento de flexión en la sección transversal completa del estanque, apenas sobre la base de la pared del estanque se calcula como sigue: **(sección ACI 350.3.01)**

$$M_w = P_w \times h_w \quad (4-6)$$

$$M_r = P_r \times h_r \quad (4-7)$$

$$M_i = P_i \times h_i \quad (4-8)$$

$$M_c = P_c \times h_c \quad (4-9)$$

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2} \quad (4-10)$$

- Y el momento de flexión en la sección transversal completa del estanque, apenas sobre la base de la pared del estanque se calculara des acuerdo **(sección ACI 350.3.01)**

▪

$$M_w = P_w \times h_w \quad (4-6)$$

$$M_r = P_r \times h_r \quad (4-7)$$

$$M_i' = P_i \times h_i' \quad (4-11)$$

$$M_c' = P_c \times h_c' \quad (4-12)$$

$$M_o = \sqrt{(M_i' + M_w + M_r)^2 + M_c'^2} \quad (4-13)$$

NOTA: (sección 8.1 ACI 350.3-01)

Donde sea aplicable, la fuerza lateral dinámica debidas al suelo y presión del agua contra la parte enterrada del muro serán consideradas en el cálculo de momentos en la base.



✓ **Aceleración vertical (sección 4.1.4 ACI 350.3.01).-**

Los estanque serán diseñados para los efectos de la aceleración vertical y en ausencia del espectro de respuesta específico del lugar, el cociente (b) entre las aceleraciones vertical y horizontal no deberá ser menor que 2/3.

- La aceleración vertical será calculada de la siguiente manera (**sección 4.1.4.2 ACI 350.3.01**)

$$p_{hv} = \ddot{u}_v \times q_{hv} \quad (4-14)$$

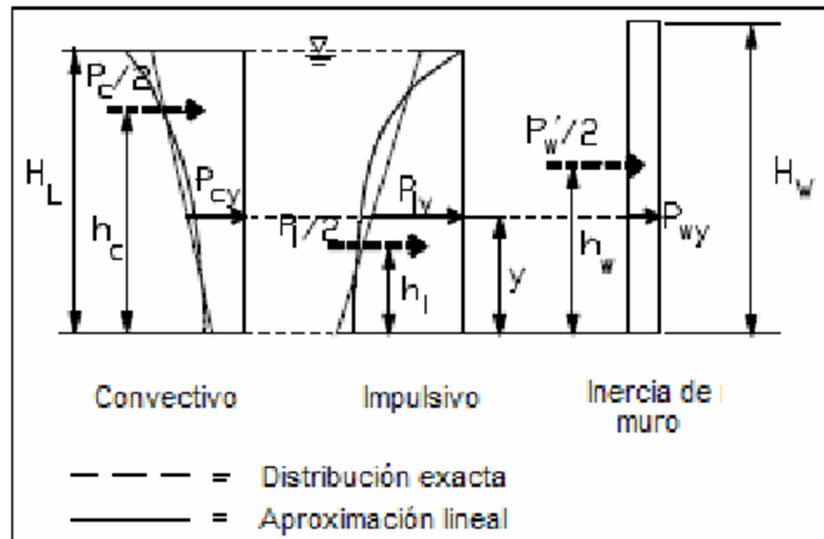
Donde:

$$\ddot{u}_v = ZSC_v I \frac{b}{R_{wi}} \quad (4-15)$$

Para tanques rectangulares $C_v = 1.0$

✓ **DISTRIBUCIÓN DE LAS FUERZAS DINÁMICAS SOBRES LA BASE:**

La distribución de las fuerzas dinámicas en la base de la piscina se realizara según lo dispuesto en la (Sección 5.3 del ACI 350.3.01)





$$P_{wy} = ZSI \times (C_i/R_{wi}) \times [\varepsilon(\gamma_c B t_w)] / 12$$

$$[P_{wy} = ZSI \times (C_i/R_{wi}) \times [\varepsilon(\gamma_c B t_w)] \text{ in SI}]$$

$$P_{iy} = \frac{\frac{P_i}{2} \left[4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i) \times \left(\frac{y}{H_L} \right) \right]}{H_L^2}$$

$$P_{cy} = \frac{\frac{P_c}{2} \left[4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \times \left(\frac{y}{H_L} \right) \right]}{H_L^2}$$

La distribución de las presiones dinámicas a través del muro de ancho (B) se realizara de acuerdo a lo indicado en. **(Sección R5.3 aci 350.3.01)**

$$p_{wy} = \frac{P_{wy}}{B}$$

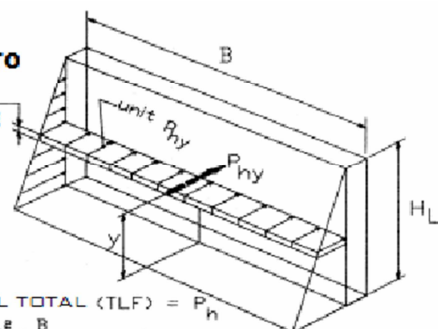
$$p_{cy} = \frac{P_{cy}}{B}$$

$$P_{iy} = \frac{P_{iy}}{B}$$

$$p_{vy} = \bar{u}_v q_{hy}$$

**DESPLAZAMIENTO
UNITARIO**

**DE ALTURA DE
MURO (TYP)**



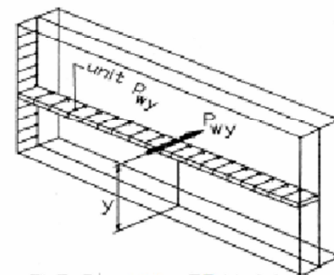
FUERZA LATERAL TOTAL (TLF) = P_h

$$P_h = \delta_L H_L^2 \times \frac{B}{2}$$

P_{hy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA $y = \delta_L (H_L - y) \times B$

$$\text{Unit } q_{hy} = \frac{P_{hy}}{B}$$

PRESIONES HIDROSTÁTICAS q_{hy}

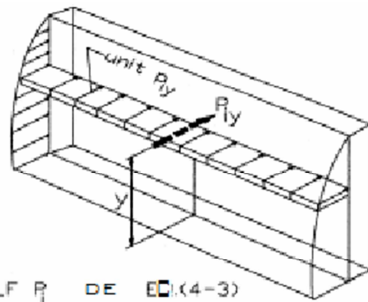


TLF P_w DE EC(4-1a)

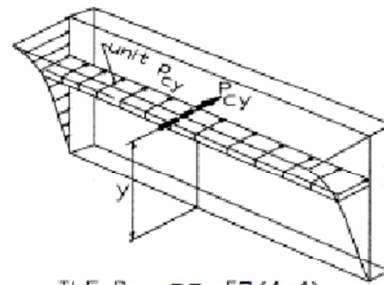
P_{wy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA y (R5.3.1)

$$\text{Unit } p_{wy} = \frac{P_{wy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

FUERZA UNITARIA DE INERCIA DE MURO p_{wy}

TLF P_{iy} DE EC.(4-3) P_{iy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA y (R5.3.1)

$$\text{Unit } p_{iy} = \frac{P_{iy}}{B} \quad \text{(R5.3.1)}$$

PRESIONES IMPULSIVAS p_{iy} TLF P_{cy} DE EC.(4-4) P_{cy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA y (R5.3.1)

$$\text{Unit } p_{cy} = \frac{P_{cy}}{B} \quad \text{(R5.3.1)}$$

PRESIONES CONVECTIVAS p_{cy}

✓ DISPOSICIONES ESPECÍFICAS Y DATOS SISMICOS DEL SITIO:

Las mismas que fueron tomadas del **CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION**

Bases del diseño. Los procedimientos y requisitos descritos en este código se determinarán considerando la zona sísmica del Ecuador donde se va a construir la estructura, las características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino e importancia de la estructura, y el tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse.

Zonas sísmicas y factor de zona Z. El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las cuatro zonas sísmicas del Ecuador, de acuerdo con la definición de zonas de la **Figura 1**. Una vez identificada la zona sísmica correspondiente que en nuestro caso es en la ciudad de Cuenca que se encuentra en la **zona II**, se adoptará el valor del factor de zona Z que es **0.25**, según la tabla 1. El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

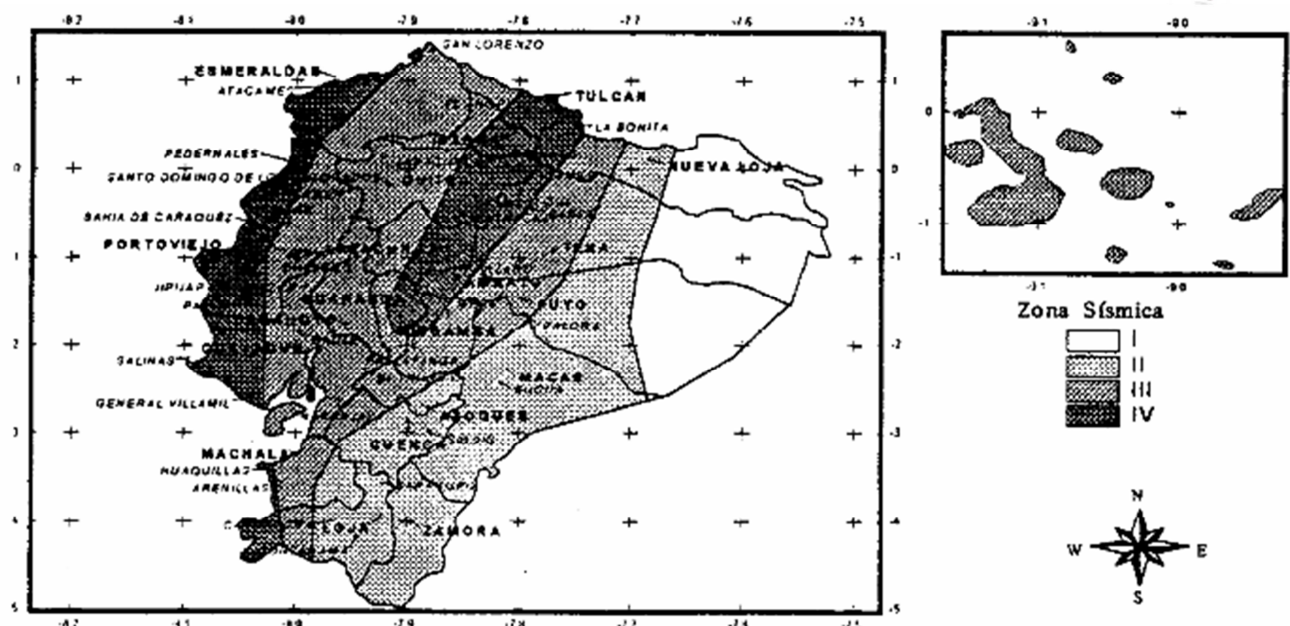


Figura 1(ECUADOR, zona sísmica para propósitos de diseño

Para mayor exactitud al escoger el valor de Z, se incluye en el CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION una tabla de un listado de algunas poblaciones con el valor correspondiente de la zona.

El coeficiente de suelo S y el coeficiente Cm fueron tomados del CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN.

Los requisitos establecidos en el código Ecuatoriano tienen como finalidad tomar en cuenta la geología local para propósitos de diseño, son requisitos mínimos y no substituyen los estudios de geología de detalle, los cuales son necesarios para el caso de proyectos de infraestructura y otros proyectos distintos a los de edificación.

TABLA 3. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5

(*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos.

✓ Tipo de uso, destino e importancia de la estructura (coeficiente I)



El cuadro que se presenta a continuación fue tomado del CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION en la que debo tomar el factor de importancia (I) de la estructura.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio . Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

Que en nuestro caso tomaremos el (**FACTOR I = 1.0**)

ANÁLISIS SÍSMICO DE LA PISCINA, DE CONFORMIDAD CON EL PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN EL INFORME ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS.

Para nuestro análisis de la piscina se ha simplificado cierta característica de la estructura que es la siguiente.

- No se incluye el análisis de la cimentación.

LOS DATOS PARA EL DISEÑO SON COMO SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE TABLA:



Datos geométricos y propiedades del material de la piscina		
descripción	abreviatura	valor
Longitud (lado largo)	L	10 m
Base (lado corto)	B	8 m
Altura del nivel de agua(HL)	HL	1.2 m
Espesor de la pared del depósito(estimada unos 3cm)	tw	3 cm
Altura de la pared del deposito	Hw	1.3 m
Peso volumétrico ferrocemento	γ_c (Kg/m ³)	2180
Resistencia a la compresión de ferrocemento	Rb (Kg/cm ²)	280
Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo	Ra (Kg/cm ²)	4200
Peso volumétrico del liquido	γ_L (Kg/m ³)	1000

✓ **Masa específica del líquido.**

$$\gamma_L = \frac{\gamma_c}{9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$\gamma_L = 2180 \frac{Kg}{m^3} * \frac{m^3}{s^2} / \frac{m}{s^2}$$

✓ **Masa específica del ferrocemento.**

$$\gamma_c = \frac{2180 \frac{Kg}{m^3}}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 2180 \frac{Kg}{m^3} * \frac{m^3}{s^2} / \frac{m}{s^2}$$

✓ **masa específica del suelo.**

$$\gamma_s = \frac{2180 \frac{Kg}{m^3}}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 2180 \frac{Kg}{m^3} * \frac{m^3}{s^2} / \frac{m}{s^2}$$

✓ **Modulo de elasticidad del ferrocemento.**

$$E_c = E_s = \frac{R_b}{\epsilon_c} = \frac{4200 \frac{Kg}{cm^2}}{0.002}$$

Para tela de malla cuadrada soldada.



✓ **Datos sísmicos para el SITIO.**

- Coeficiente sísmico del sitio donde se ubica la obra.(CODIGO-ECUATORIANO-DE-LA CONSTRUCCION)

Zona sísmica correspondiente que en nuestro caso es en la ciudad de Cuenca que se encuentra en la **zona II**, se adoptará el valor del factor de zona Z que es **0.25**, los cuales se explicaron anteriormente.

$$S = 0.25$$

- Coeficiente del perfil del suelo (CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION)
- **Se tomara el suelo de tipo S2 (suelos intermedios).**

$$F_s = 1.0$$

$$F_s = 1.0$$

✓ **Factor de importancia de la estructura.**

Que en nuestro caso tomaremos el (**FACTOR I = 1.0**) que corresponde a la tabla dada anteriormente la misma que fue tomada del CODIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCION.

✓ **Factores de modificación de respuesta.**

Se obtuvo la siguiente tabla del ACI 350.3.01 obras hidráulicas.



Tabla 4(d) - Factor de modificación de la respuesta R_w			
Tipo de estructura	R_{wi} superficial o en pendiente	Enterrado*	R_{wc}
(a) anclados, base flexible	4.5	4.5++	1.0
(b) empotrados o simple apoyo	2.75	4	1.0
(c) no anclados, llenos o vacíos **	2.0	2.75	1.0
(d) estanques elevados	0.4	-	1.0

- Son coeficientes que representan el efecto combinado de la ductilidad, la capacidad para disipar energía y su redundancia estructural.

$$R_w = R_{wi} \cdot R_{wc}$$

- El valor anterior corresponde a la componente impulsiva en los tanques articulados o empotrados en su base, apoyados en el terreno.

$$R_{wi} = \frac{1}{R_d}$$

- De la misma tabla anterior R_{wc} corresponde a la componente convectiva del líquido acelerado.

$$R_{wc} = \frac{1}{b}$$

De la sección 4.1.4.1 (**ACI 350.3.01**). Es el cociente de la aceleración vertical respecto a la horizontal. Cuando no exista el espectro específico del sitio, se recomienda un factor $b=2/3$.

- ✓ **Calculo de las componentes del peso. (sección 9.2 para tanques rectangulares ACI 350.3.01 Obras hidráulicas).**

- Peso del líquido.-

$$W = \gamma \cdot V = \gamma \cdot L \cdot B \cdot H$$

$$W = 1000 \cdot 1.2 \cdot 10 \cdot 8$$



$$\underline{\square\square = \square\square\square\square\square\square}$$

- Peso de la pared del depósito.

$$\square\square\square = \square\square * \square\square * \square\square * 2 * ((\square + 2\square) + \square)$$

$$\square\square\square = 2180 * 1.3 * 0.03 * 2 * ((10 + 2 * 0.03) + 8) = 3071 \square\square$$

$$\underline{\square\square\square = \square\square\square\square\square\square}$$

Se puede apreciar que si la piscina fuese de hormigón armado el peso de las paredes del depósito serían sustancialmente mayor, Por lo cual la fuerza lateral debida a la inercia de las paredes aumentaría.

En el caso de un tanque con cubierta debería sumarse la fuerza lateral dinámica de la misma.

En nuestro caso:

$$\square\square = 0$$

- ✓ Peso de la componente impulsiva(**sección 9.1 ACI 350.3.01**)

$$\square\square = \frac{\tanh\left(0.866 * \frac{\square}{\square\square}\right)}{(0.866 * \left(\frac{\square}{\square\square}\right))} * \square\square$$

Para este cálculo debemos utilizar las funciones trigonométricas hiperbólicas.

$$\tanh(\square) = \frac{\square^{\square} - \square^{-\square}}{\square^{\square} + \square^{-\square}}$$

Remplazando en la ecuación anterior se obtiene:

$$\square = 0.866 * \left(\frac{\square}{\square\square}\right) = 0.866 * \left(\frac{10}{1.2}\right) = 7.21667$$



$$\tanh(7.21667) = \frac{e^{7.21667} - e^{-7.21667}}{e^{7.21667} + e^{-7.21667}} = 1$$

$$\square\square = \frac{1}{(7.21667)} * 96000 = 13303 \square\square$$

$$\square\square = \square\square\square\square\square\square$$

✓ Peso de la componente convectiva.(**sección 9.2 ACI 350.3.01**)

$$\square\square = [0.264 * \left(\frac{\square}{\square\square}\right) * \tanh(3.16 * \frac{\square\square}{\square})] * \square\square$$

$$\square = 3.16 * \left(\frac{\square\square}{\square}\right) = 3.16 * \left(\frac{1.2}{10}\right) = 0.3792$$

$$\tanh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} - e^{-0.3792}}{e^{0.3792} + e^{-0.3792}} = 0.4531$$

$$\square\square = [\square.\square\square\square * \left(\frac{\square\square}{\square.\square}\right) * \square.\square\square\square\square * \square\square\square\square\square] = \square\square\square\square\square\square$$



- ✓ Para evitar el uso de las funciones trigonométricas hiperbólicas se puede dar uso de las tablas del ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS figura 9.2

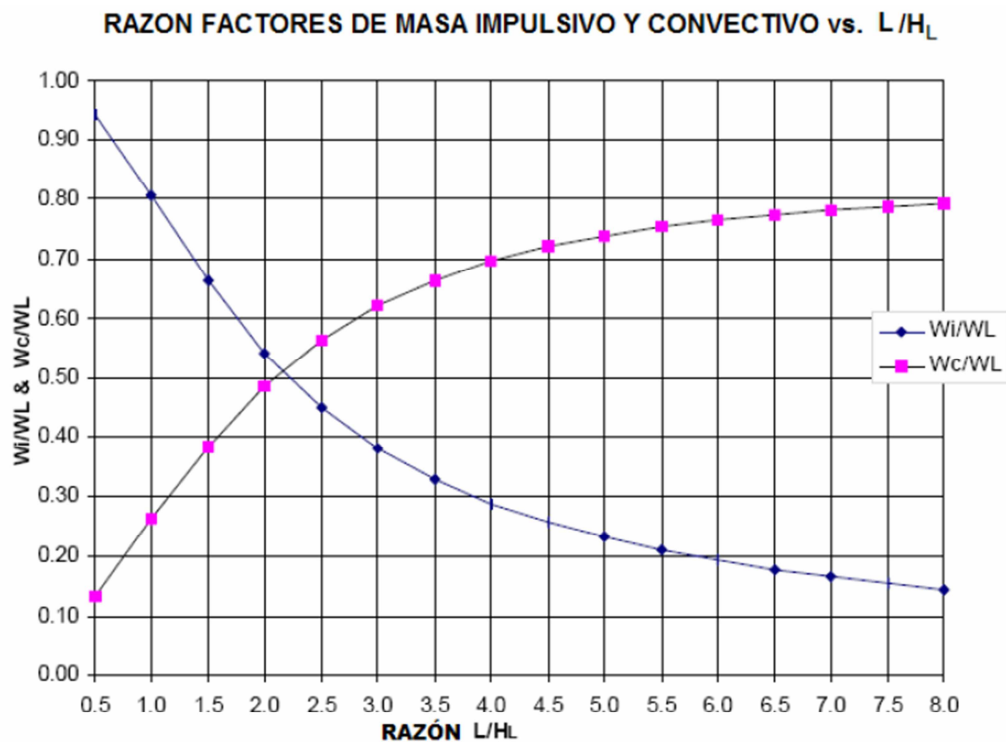


Fig. 9.2 - Factores W_i/W_L y W_c/W_L versus la razón L/H_L para estanques rectangulares

QUE PUEDEN SER CALCULADOS CON LAS RELACIONES SIGUIENTES:

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{0.264 \left(\frac{L}{HL} * \tanh(3.16 * \frac{HL}{L}) \right)}{\left(0.264 * \left(\frac{L}{HL} \right) \right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = [0.264 * \left(\frac{L}{HL} \right) * \tanh(3.16 * \frac{HL}{L})]$$



- ✓ **Coeficiente de masa efectiva (relación entre la masa dinámica equivalente del recipiente, a su masa total real.(sección 9.5.1 ACI 350.3.01).**

- Para depósitos rectangulares.

$$\epsilon = \left[0.0151 * \left(\frac{L}{HL} \right) - 0.1908 * \left(\frac{L}{HL} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

$$\epsilon = \left[0.0151 * \left(\frac{10}{1.2} \right)^2 - 0.1908 * \left(\frac{10}{1.2} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

$$\epsilon = 0.4796 \leq 1.0$$

Este valor de ϵ representa la razón de equivalencia entre la masa dinámica da la placa del estanque y su masa total.

- **Peso efectivo del depósito** (incluyendo la cubierta si esta existiera que en nuestro caso no la hay)

$$We = Wwl * \epsilon = 3071 * 0.4796 = 1473 \text{ Kg}$$

$$\underline{We = 1473 \text{ Kg}}$$

- ✓ **Puntos de aplicación de las componentes del peso, excluyendo la presión de la base. (EBP: excluye la presión de la base. Sección 9.2.2 ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS).**



- Para depósitos con:

$$\frac{L}{HL} < 1.333 \text{ (NO CUMPLE)}$$

$$Hi = HL * [0.5 - 0.09375 * (\frac{L}{HL})]$$

- Para depósitos con :

$$\frac{L}{HL} > 1.333 \text{ (SI CUMPLE)}$$

$$Hi = HL * 0.375$$

$$\underline{Hi = 1.2 * 0.375 = 0.45 \text{ m}}$$

$$Hc = HL * \left[1 - \frac{\cosh \left[3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) \right] - 1}{3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) * \sinh \left[3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) \right]} \right]$$

$$x = 3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) = 3.16 * \left(\frac{1.2}{10} \right) = 0.3792$$

$$\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\cosh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} + e^{-0.3792}}{2} = 1.0728$$

Haciendo lo mismo para el sinh:

$$\sinh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} - e^{-0.3792}}{2} = 0.3884$$



Por lo tanto el punto de aplicación de la componente del peso:

$$H_c = 1.2 * \left[1 - \frac{1.0728 - 1}{3.16 * \left(\frac{1.2}{10} \right) * 0.3884} \right] = 0.61 \text{ m}$$

$$H_c = 0.61 \text{ m}$$

- ✓ Nuevamente el ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS figura 9.3 nos proporciona una manera rápida de obtener dichos valores sin tener que recurrir al uso de funciones trigonométricas HIPERBOLICAS.

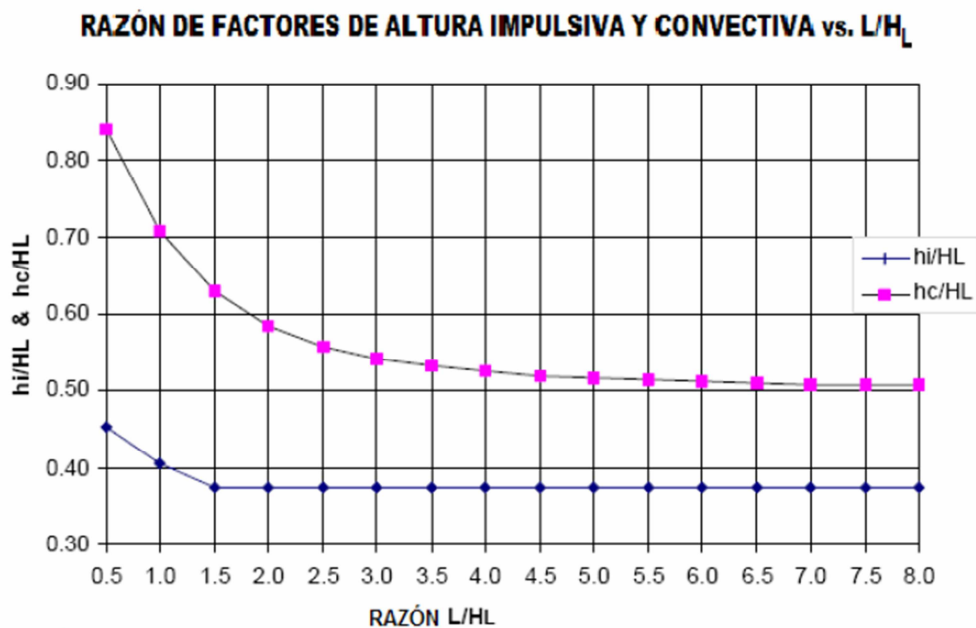


Fig. 9.3 - Factores h_i/H_L y h_c/H_L versus la razón L/H_L para estanques rectangulares (EBP)

- Para estanques con:

$$\frac{L}{HL} < 1.333 \quad ; \quad \frac{H_i}{HL} = [0.5 - 0.09375 * (\frac{L}{HL})]$$



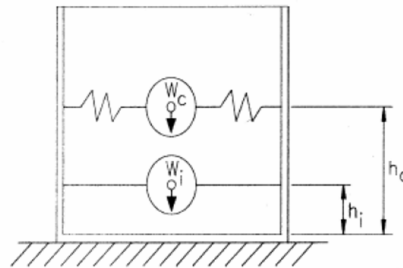
▪ **Para estanques con:**

$$\frac{L}{HL} > 1.333 \quad ; \quad \frac{H_c}{HL} = \left[1 - \frac{\cosh \left[3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) \right] - 1}{3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) * \sinh \left[3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) \right]} \right]$$

Por lo tanto las alturas desde la base del depósito, al centro de gravedad de la fuerza IMPULSIVA Y CONVECTIVA respectivamente son las siguientes:

$$H_i = 0.45 \text{ m}$$

$$H_c = 0.61 \text{ m}$$



- ✓ **Puntos de aplicación de las componentes del peso, si se considera la presión en la base. (IBP: incluye la presión en la base. Sección 9.2.2 ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS).**

- Para depósitos con:

$$\frac{L}{HL} < 0.75 \text{ (NO CUMPLE)}$$

$$H'_i = 0.45 * HL$$

- Para depósitos con :

$$\frac{L}{HL} \geq 0.75 \text{ (CUMPLE)}$$



$$H'i = HL * \left[\frac{0.866 * \left(\frac{L}{HL}\right)}{2 * \tanh\left[0.866 * \left(\frac{L}{HL}\right)\right]} - \frac{1}{8} \right]$$

$$H'i = HL * \left[\frac{0.866 * \left(\frac{10}{1.2}\right)}{2 * \tanh\left[0.866 * \left(\frac{10}{1.2}\right)\right]} - \frac{1}{8} \right] =$$

$$x = 0.866 * \left(\frac{L}{HL}\right) = 0.866 * \left(\frac{10}{1.2}\right) = 7.2167$$

$$\tanh(7.2167) = \frac{e^{7.2167} - e^{-7.2167}}{e^{7.2167} + e^{-7.2167}} = 1$$

$$H'i = 1.2 * \left[\frac{0.866 * \left(\frac{10}{1.2}\right)}{2 * 1} - \frac{1}{8} \right] = 4.18 \text{ m}$$

$$\mathbf{H'i = 4.18 \text{ m}}$$

$$\frac{H'c}{HL} = \left[1 - \frac{\cosh\left[3.16 * \left(\frac{HL}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16 * \left(\frac{HL}{L}\right) * \sinh\left[3.16 * \left(\frac{HL}{L}\right)\right]} \right]$$

$$\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\cosh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} + e^{-0.3792}}{2} = 1.0728$$

Haciendo lo mismo para el \sinh :

$$\sinh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} - e^{-0.3792}}{2} = 0.3884$$



Por lo tanto el punto de aplicación de la componente del peso:

$$H'c = 1.2 * \left[1 - \frac{1.0728 - 2.01}{3.16 * \left(\frac{1.2}{10} \right) * 0.3884} \right] = 8.84 \text{ m}$$

$$H'c = 8.84 \text{ m}$$

Por lo tanto, $H_i(\text{EBP})$, $H'_i(\text{IBP})$, $H_c(\text{EBP})$, $H'_c(\text{IBP})$ son las altura desde la base del depósito al centro de gravedad de las fuerzas impulsiva y convectiva respectivamente en metros.

✓ **Calculo de las propiedades dinámicas. (sección 9.2.4 del ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS).**

- La masa (m_w) por unida de ancho del depósito rectangular:

$$m_w = H_w * t_w * \rho_c$$

$$m_w = 1.32 * 0.03 * 222.45 = 8.8090 \text{ Kg} * \text{seg}^2 * \text{m}^{-2}$$

$$m_w = 8.8090 \text{ Kg} * \text{seg}^2 * \text{m}^{-2}$$

- La masa impulsiva del liquido contenido (m_i), por unidad de ancho de la pared del depósito rectangular:

$$m_i = \frac{W_i}{W_L} * \frac{L}{2} * H_L * \rho_L = \text{Kg} * \text{seg}^2 * \text{m}^{-2}$$

$$m_i = \frac{13303}{96000} * \frac{10}{2} * 1.2 * 102.041 = 84.84 \text{ Kg} * \text{seg}^2 * \text{m}^{-2}$$



$$mi = 84.841 \text{ Kg} * \text{seg}^2 * m^{-2}$$

$$hw = \frac{Hw}{2}$$

Donde el **hw** es la altura del centro de gravedad de la pared del depósito.
Para paredes de sección uniforme dicho centro de gravedad se encuentra a una altura de $\frac{Hw}{2}$. Si la pared no es de espesor uniforme, será necesario efectuar las correcciones pertinentes.

$$hw = \frac{1.3}{2} = 0.65 \text{ m}$$

- ✓ **El centroide de las masas (h) impulsiva y de la pared, se determinan como se indica enseguida.**

El valor **(h)** es necesario para calcular la rigidez estructural a la flexión **(k)** de un ancho unitario de la pared que se considera esta en voladizo.

$$h = \frac{hw * mw + Hi * mi}{mw + mi}$$

$$h = \frac{0.65 * 8.8090 + 0.45 * 84.841}{8.8090 + 84.841}$$

$$h = 0.47 \text{ m}$$

- **De la ecuación (9-10) de la sección 9.2.1 del ACI 350**

$$m = mw + mi$$



$$m = 8.8090 + 84.841 = 93.65 \text{ Kg} * \frac{\text{seg}^2}{\text{m}^2}$$

$$m = 93.65 \text{ Kg} * \frac{\text{seg}^2}{\text{m}^2}$$

- Para bases simplemente apoyadas , estanques con superficie descubierta y rigidez a la flexión k, se puede calcular de la siguiente manera.(**Sección R.9.2.4 del ACI 350.3.01 OBRASHIDRAULICAS**)

$$k = \frac{Ec}{4} * \left(\frac{tw}{h} \right)^3$$

Ec

= *Bezukadov sugiere utilizar para diseño* $\frac{200000\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ *en cargas de corta duracion*

$$k = \frac{200000}{4} * \left(\frac{0.03}{0.47} \right)^3 = 13.003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$k = 13.003 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

- ✓ **Calculo de la frecuencia natural circular de la masa impulsiva al vibrar (ωi) en radianes/segundos.**

$$\omega i = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega i = \sqrt{\frac{13.003}{93.65}} = 0.373 \frac{r}{\text{seg}}$$

$$\omega i = 0.373 \frac{r}{\text{seg}}$$



- ✓ **Calculo del periodo natural de la masa impulsiva al vibrar (Ti) en segundos.**

$$Ti = \frac{2 * \pi}{\omega i}$$

$$Ti = \frac{2 * \pi}{0.373} = 16.85 \text{ seg}$$

$$Ti = 16.85 \text{ seg}$$

- ✓ **Calculo de la frecuencia natural de la masa convectiva al vibrar en radianes /segundos.**

- Para lo cual se calcula el coeficiente que se define en la **sección 9.2.4 del ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS.**

$$\lambda = \sqrt{3.16 * g * \tanh \left[3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) \right]}$$

$$\lambda = \sqrt{3.16 * 9.81 * \tanh \left[3.16 * \left(\frac{1.2}{10} \right) \right]}$$

$$x = 3.16 * \left(\frac{HL}{L} \right) = 3.16 * \left(\frac{1.2}{10} \right) = 0.3792$$

$$\tanh(0.3792) = \frac{e^{0.3792} - e^{-0.3792}}{e^{0.3792} + e^{-0.3792}} = 0.4531$$

$$\lambda = \sqrt{3.16 * 9.81 * 0.4531} = 3.748 \frac{1}{\text{seg}}$$

$$\lambda = 3.748 \frac{1}{\text{seg}}$$



- ✓ **Calculo de la frecuencia natural de la masa convectiva al vibrar en radianes /seg.**

$$\omega_c = \lambda / \sqrt{L}$$

$$\omega_c = \frac{3.748}{\sqrt{10}} = 1.19 \frac{r}{seg}$$

$$\omega_c = 1.19 \frac{r}{seg}$$

- Calculo del periodo natural de la masa convectiva en segundos.

$$T_c = 2 * \frac{\pi}{\omega_c}$$

$$T_c = 2 * \frac{\pi}{1.19} = 5.28 \text{ seg}$$

$$T_c = 5.28 \text{ seg}$$

- ✓ **CALCULO DE LOS FACTORES DE AMPLIFICACIÓN ESPECTRAL.(SECCION 9.4 ACI 350)**

- Los factores de amplificación espectral se definen a continuación (**Ci Y Cc**):
- Estos factores de amplificación espectral se aplican en las ecuaciones para la obtención de las fuerzas dinámicas laterales



descritas en la **sección 4.1.1 del ACI 350.3.01 OBRAS HIDRAULICAS.**

- El factor de amplificación espectral (**Ci**) dependiente del periodo en movimiento horizontal de la componente impulsiva (para el 5% de amortiguamiento critico).

- **$T_i \leq 0.31 s$**

$$C_i = \frac{2.75}{S}$$

$$C_i = \frac{2.75}{(1.2)} = 2.292 \text{ (no tomar este)}$$

- **$T_i > 0.31 s$**

$$C_i = \frac{1.25}{T_i^{\frac{2}{3}}} \leq \frac{2.75}{S}$$

$$C_i = \frac{1.25}{16.85^{\frac{2}{3}}} \leq \frac{2.75}{1.2}$$

$$C_i = 0.1902 \leq 2.29 \text{ (OK)}$$

$$C_i = 0.1902$$

- Puesto que T_i es igual 16.85 segundos \geq a **0.31 segundos** tenemos que:

$$\underline{C_i = 0.1902 < 2.29 \text{ segundos}}$$

- ✓ **Calculo del factor de amplificación espectral (C_c) dependiente del periodo en el movimiento horizontal de la componente convectiva (para el 5% del amortiguamiento critico). Ecuación 9-31 del ACI 350.**



- $T_c \geq 2.4 \text{ seg}$

$$C_c = \frac{6.0}{T_c^2}$$

$$C_c = \frac{6.0}{5.28^2} = 0.215$$

$$\underline{C_c = 0.215}$$

✓ **PRESIONES SISMICAS ARRIBA DE LA BASE:**

- Las paredes de la estructura recipiente del liquido en adición a las presiones estáticas se diseñaran para las siguientes fuerzas dinámicas:
 - a) Las fuerzas de inercia de la masa de la pared (Pw).
 - b) La presión hidrodinámica impulsiva (Pi) del líquido contenido.
 - c) La presión hidrodinámica convectiva (Pc) del liquido contenido.
 - d) La presión dinámica de los suelos saturados y no saturados sobre la porción enterrada de la pared.
 - e) Los efectos de la aceleración vertical.
- **Las fuerzas dinámicas laterales arriba de la base se calculan según la sección 4.1.1 del ACI 350.3.01 de OBRAS HIDRAULICAS.**

1. Fuerza de inercia de la pared:

$$P_w = Z * S * I * C_i * \frac{\epsilon * W_{WL}}{R_{wi}}$$

$$P_w = 0.25 * 1.2 * 1 * 0.1902 * \frac{0.4796 * 3071}{1}$$

$$\mathbf{P_w = 84.05 \text{ Kg}}$$

2. Fuerza lateral de la masa impulsiva.



$$P_i = Z * S * I * C_i * \frac{W_i}{R_{wi}}$$

$$P_i = Z * S * I * C_i * \frac{13303}{R_{wi}}$$

$$\underline{P_i = 759.07 \text{ Kg}}$$

3. Fuerza lateral de la masa convectiva.

$$P_c = Z * S * I * C_c * \frac{W_c}{R_{wc}}$$

$$P_c = 0.25 * 1.2 * 1 * 0.215 * \frac{95685}{1}$$

$$\underline{P_c = 6171 \text{ Kg}}$$

✓ CALCULO DEL EMPUJE DINAMICO DEL SUELO

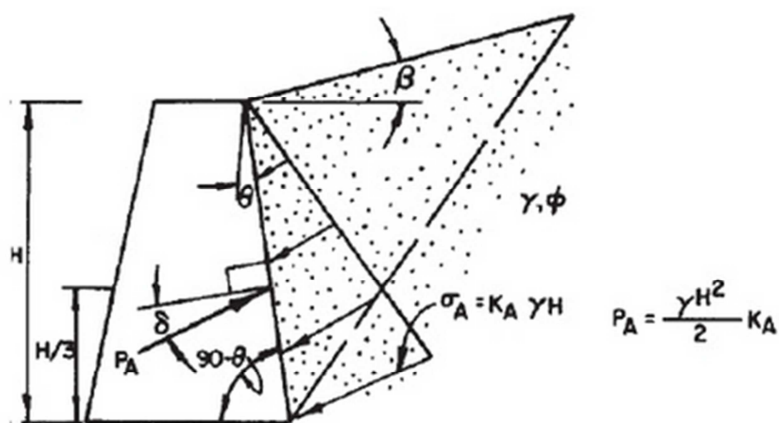
La masa de suelo que interviene en un sismo se calcula por el método de la fuerza pseudoestática.

El peso para el cálculo de la masa de suelo actuante se considera para un largo igual a la dimensión perpendicular a la dirección de la carga.

Para el análisis estático de estructuras de retención, los efectos dinámicos producidos por el sismo se simularán mediante empujes de tierra debidos al relleno y fuerzas de inercia debidas a las masas del cimiento, paredes y relleno con sobrecargas.

Las fuerzas de inercia se determinarán teniendo en cuenta las masas de tierra y sobrecargas apoyadas directamente sobre el respaldo del muro. El empuje sísmico generado por el relleno depende del nivel de desplazamiento que experimente el muro.

Se considerará un estado activo de presión de tierras cuando el desplazamiento resultante permita el desarrollo de la resistencia al corte del relleno; en cambio, si el desplazamiento de su corona está restringido el empuje sísmico se calcula adoptando la condición de tierras en reposo. El estado pasivo de presión de *tierras* solo puede generarse cuando el muro tenga tendencia a moverse hacia el relleno y el desplazamiento sea importante.



$$P_E = ma = \frac{W}{g} a = W \frac{a_{\max}}{g} = k_h W$$

Según Monobe-Okabe:

$$P_{AE} = P_A + P_E = \frac{1}{2} k_{AE} H^2 \gamma_t$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \psi)}{\cos \psi \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \psi) \left[1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)} \right]^2}$$

$$\psi = \tan^{-1} k_h = \tan^{-1} \frac{a_{\max}}{g}$$

Peso específico del suelo (γ)	1700 Kg/m ³
Profundidad a la que está enterrado	1.2 m
Inclinación del muro (θ)	0.00
Angulo de fricción del suelo (ϕ)	30
Angulo de fricción entre el muro y suelo	12.75
Pendiente de inclinación del suelo	0.00
(a max) aceleración máxima	0.073
ψ	11.31
KAE	0.43
Peso por masa de suelo(Pb)	728426 kg
Fuerza lateral de la masa de suelo ZSiCi*Pb/Rwi	15114 Kg
Brazo de palanca	0.3Hw
Carga de suelo por unidad de ancho	190 Kg/m ²

Por lo tanto el empuje dinámico del suelo es un 30% más del empuje calculado sin sismo.



RECOMENDACIÓN:

Siempre que sea posible deberá evitarse la generación de presiones hidrostáticas e hidrodinámicas en los muros de retención. Esto puede lograrse mediante una selección adecuada del material de relleno, conjuntamente con la colocación de un drenaje eficiente en la interfaz muro-suelo y en el interior del relleno.

- **Calculo del CORTANTE TOTAL EN LA BASE se lo determina de la siguiente manera:**

El cortante total en la base tendría un valor máximo de:

$$V_{\max} = 84.05 + 759.07 + 6171 = 7014 \text{ Kg}$$

Pero como los valores máximos de cada una de las fuerzas cortantes que dan lugar las fuerzas de inercia en cada masa, no suelen ocurrir al mismo tiempo, es probable que la fuerza cortante en la base en la dirección de L no exceda de:

$$V_{\text{base}} = \sqrt{[(759.07 + 15114 + 84.05)^2 + (6171)^2]}$$

$$\underline{V_{\text{base}} = 17108 \text{ Kg}}$$

- **Calculo del MOMENTO FLEXIONANTE EN LAS PAREDES DEL PISCINA se determina como sigue:**

los momentos flexionantes se calculan en la base de la pared del depósito, arriba de la junta y se utilizan para determinar las compresiones y tensiones en las paredes del depósito.

$$M_w = P_w * \frac{H_w}{2}$$

$$M_i = P_i * H_i$$

$$M_c = P_c * H_c$$



$$M_b = \sqrt{[(M_i + M_w)^2 + (M_c)^2]}$$

CALCULO DEL MOMENTO FLEXIONANTE EN LAS PAREDES DEL PISCINA			
FUERZAS DINAMICAS LATERALES ARRIBA DE LA BASE	VALOR (Kg)	BRAZO palanca (m)	MOMENTO (kg*m)
Fuerza de inercia de la pared	84.05	0.65	54.64
Fuerza lateral de la masa impulsiva	759.07	0.45	341.59
Fuerza lateral de la masa convectiva	6171	0.61	3765
Fuerza lateral debida al empuje del suelo	15114	0.36	5441
$M_b = \sqrt{[(M_i + M_w)^2 + (M_c)^2]}$	Momento total		6945

✓ **AJUSTE A LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA DEBIDO A LA ACELERACION VERTICAL.(sección 4.1.4 del ACI)**

El depósito se deberá diseñarse para los efectos de la aceleración vertical. De no contar con el espectro de respuesta específico del sitio, la relación b entre las aceleraciones vertical y horizontal no será menor que $2/3$.

Del ACI 350 SECCION 4.1.4.2 la carga hidrostática (q_{hy}) proveniente del liquido contenido en el depósito se multiplicara por la aceleración espectral (a_v) para tomar en cuenta el efecto de la aceleración vertical.

- (q_{hy}) es la carga hidrostática a un nivel (y) del liquido arriba de la base del deposito:

$$q_{hy} = \gamma L * (HL - y) \text{ en } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Donde a_v es la aceleración espectral que se determina mediante:

$$a_v = Z * S * C_v * I * \left(\frac{b}{R_w I}\right)$$

donde: (ACI 350 sección 4.1.4.2)



$$b = \frac{2}{3} \quad \text{y para depósitos rectangulares } C_v = 1$$

$$a_v = 0.25 * 1.2 * 1 * 1 * \left(\frac{\frac{2}{3}}{2.75} \right) = 0.073 \quad : \quad \text{Ec. (4 - 15)}$$

- Por lo tanto la presión hidrodinámica (**phy**) se calculara como sigue:

$$p_{hy} = a_v * q_{hy}$$

- Para el cálculo de la presión hidrostática debida a la aceleración vertical se hace un ajuste a la presión hidrostática debida a la aceleración vertical.
- El ajuste se calcula para cada valor de (**y**) asignado:

$$\text{para } y = 0$$

$$q_{hy} (\text{fondo}) = \gamma_L * H_L = 1000 * 1.2 = 1200 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{para } y = 1.2$$

$$q_{hy} (\text{superficie}) = 0$$

Por lo tanto, la presión hidrostática debida a la aceleración vertical en el fondo del depósito vale:

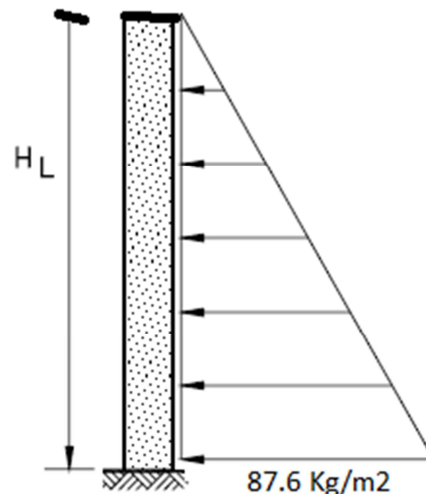
$$p_{hy} (\text{fondo}) = a_v * q_{hy}$$

$$p_{hy} (\text{fondo}) = 0.073 * 1200 = 87.6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$p_{hy} (\text{fondo}) = 87.6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Y la presión hidrostática es nula en la superficie del líquido.

$$p_{hy}(\text{superficie}) = 0$$



✓ **DISTRIBUCION DE LAS FUERZAS DINAMICAS SOBRE LA BASE.**

• **COMBINACIÓN DE LAS FUERZAS DINÁMICAS PARA TANQUES RECTANGULARES.**

Las paredes perpendiculares a la fuerza sísmica y la porción delantera del depósito recibirá una carga perpendicular a su plano (**dimensión B**) a causa de:

- a) la fuerza de inercia propia de la pared.
- b) un medio de la fuerza impulsiva (P_i).
- c) Y un medio de la fuerza convectiva (P_c).

Las paredes perpendiculares a la fuerza sísmica y en la mitad posterior del depósito recibirán una carga perpendicular a su plano (**dimensión B**), a causa:

- i. La fuerza de inercia propia de la pared.
- ii. Un medio de la fuerza impulsiva P_i
- iii. Un medio de la fuerza convectiva P_c .
- iv. La presión dinámica del suelo y del agua freática contra la porción enterrada de la pared.

Las paredes paralelas a la dirección de la fuerza sísmica estarán cargadas en su plano (**dimensión L**) a causa de:

- 1) La fuerza de inercia de la pared propia en su plano.
- 2) Las fuerzas en su plano que corresponden a las reacciones de las paredes que convergen entre sí.



Sobrepuestas a estas fuerzas laterales des-balanceadas existen fuerzas hidrodinámicas que resultan de la fuerza, también hidrodinámica, (p_h) actuando en cada pared.

Calculo de (P_{wy}) que es la fuerza lateral de inercia debida a W_w (masa de las paredes del depósito) por unidad de altura del depósito, que se presenta a un nivel y arriba de la base del mismo en Kg/m de altura de pared. (VER EL COMENTARIO R5.3 del Informe ACI 350.3.01).

$$P_{wy} = Z * S * I * \left(\frac{C_i}{R_{wi}} \right) * [\epsilon(\gamma_c * B * t_w)]$$

$$P_{wy} = 0.25 * 1.2 * 1 * \left(\frac{0.1902}{2.75} \right) * [0.4796 * (2180 * 8 * 0.03)] = 5.21 \text{ Kg/m}$$

$$P_{wy} = 5.21 \text{ Kg/m}$$

NOTA:

Esta presión actúa uniformemente sobre la pared del depósito concentrada a una altura $H_w/2$.

- ✓ Las presiones impulsivas y convectiva se calculan de acuerdo a la **R.5.3.1 DEL ACI 350.**

$$P_{iy} = \frac{\left(\frac{P_i}{2} \right) * [4 * HL - 6 * H_i - (6 * HL - 12 * H_i) * \left(\frac{y}{HL} \right)]}{HL^2}$$

$$P_{cy} = \frac{\left(\frac{P_c}{2} \right) * [4 * HL - 6 * H_c - (6 * HL - 12 * H_c) * \left(\frac{y}{HL} \right)]}{HL^2}$$

- ✓ **La fuerza hidrodinámica a una altura (y) sobre la base se determina con la ecuación siguiente:**



$$P_y = \sqrt{(P_{iy} + P_{wy})^2 + P_{cy}^2 + (P_{hy} * B)^2}$$

Nota:

Donde sea aplicable, el efecto de la tierra y presiones de agua subterráneas contra la porción enterrada de los muros debe ser incluido.

✓ **De las expresiones dadas anteriormente se obtienen los siguientes resultados.**

○ la presión IMPULSIVA en la superficie del liquido es:

• **para y = 1.2**

$$P_{iy}(\text{superficie}) = \frac{\left(\frac{759.07}{2}\right) * \left[4 * 1.2 - 6 * 0.45 - (6 * 1.2 - 12 * 0.45) * \left(\frac{1.2}{1.2}\right)\right]}{1.2^2}$$

$$= 79.07 \text{ Kg/m}$$

$$\underline{P_{iy}(\text{superficie}) = 79.07 \text{ Kg/m}}$$

○ y la presión IMPULSIVA en el fondo del liquido:

• **para y = 0**

$$P_{iy}(\text{fondo}) = \frac{\left(\frac{759.07}{2}\right) * \left[4 * 1.2 - 6 * 0.45 - (6 * 1.2 - 12 * 0.45) * \left(\frac{0}{1.2}\right)\right]}{1.2^2}$$

$$= 553.48 \text{ Kg/m}$$

$$\underline{P_{iy}(\text{fondo}) = 553.48 \text{ Kg/m}}$$

○ La presión CONVECTIVA en la superficie del liquido es:

• **para y = 1.2**

$$P_{cy}(\text{superficie}) = \frac{\left(\frac{6171}{2}\right) * \left[4 * 1.2 - 6 * 0.61 - (6 * 1.2 - 12 * 0.61) * \left(\frac{1.2}{1.2}\right)\right]}{1.2^2}$$

$$= 2700 \text{ Kg/m}$$



$$P_{cy}(\text{superficie}) = 2700 \text{ Kg/m}$$

- Presión CONVECTIVA en la fondo del líquido.

- para $y = 0$

$$P_{cy}(\text{fondo}) = \frac{\left(\frac{6171}{2}\right) * \left[4 * 1.2 - 6 * 0.61 - (6 * 1.2 - 12 * 0.61) * \left(\frac{0}{1.2}\right)\right]}{1.2^2}$$

$$= 2443 \text{ Kg/m}$$

$$P_{cy}(\text{fondo}) = 2443 \text{ Kg/m}$$

- ✓ **Para calcular la distribución de presiones dinámicas en la pared con un ancho B es :**

$$P_{wy} = \frac{P_{wy}}{B}$$

$$P_{cy} = \frac{P_{cy}}{B}$$

$$P_{iy} = \frac{P_{iy}}{B}$$

$$P_{hy} = a_v * q_{hy}$$

- ✓ **Cargas IMPULSIVAS Y CONVECTIVAS por unidad de ancho:**

- a) Carga impulsiva P_{iy} es maxima en el fondo del agua.

$$P_{iy}(\text{superficie}) = \frac{79.07}{8} = 9.88 \text{ Kg/m}^2$$

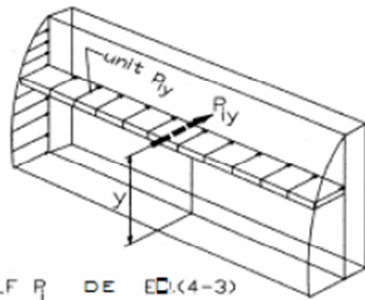
$$P_{iy}(\text{fondo}) = \frac{553.48}{8} = 70 \text{ Kg/m}^2$$

- b) Carga convectiva P_c es minimo en el fondo del depósito y máxima el borde superior del agua.



$$P_{cy}(\text{superficie}) = \frac{2700}{8} = 338 \text{ Kg/m}^2$$

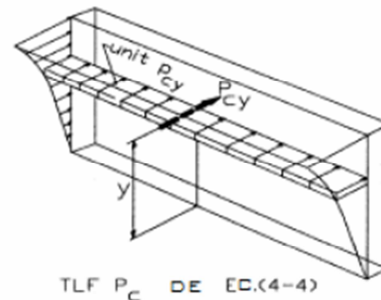
$$P_{cy}(\text{fondo}) = \frac{2443}{8} = 306 \text{ Kg/m}^2$$



P_{iy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA y (R5.3.1)

$$\text{Unit } p_{iy} = \frac{P_{iy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

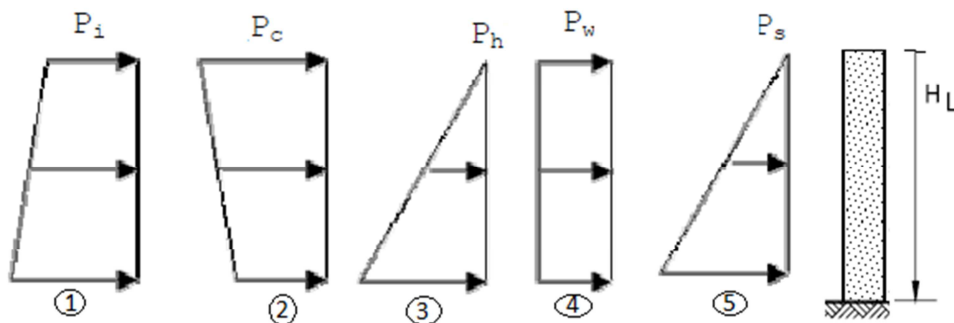
PRESIONES IMPULSIVAS p_{iy}



P_{cy} = FUERZA RESULTANTE @ ALTURA y (R5.3.1)

$$\text{Unit } p_{cy} = \frac{P_{cy}}{B} \quad (\text{R5.3.1})$$

PRESIONES CONVECTIVAS p_{cy}



- ① P_i Distribución idealizada de la fuerza total impulsiva
- ② P_c Distribución idealizada de la fuerza total convectiva
- ③ P_h Fuerza hidrostática total debida al efecto de la aceleración vertical
- ④ P_w Fuerza de inercia de la pared sujeta a la aceleración
- ⑤ P_s Presión estática de la presión del agua

✓ **POR LO TANTO LA FUERZA HIDRODINÁMICA A UNA ALTURA (Y) DADA DESDE LA BASE, SE DETERMINA SEGÚN LA sección 5.3.2 del ACI 350.3.01.**



$$P_y = \sqrt{(P_{iy} + P_{wy})^2 + P_{cy}^2 + (P_{hy} * B)^2}$$

- Para $y = 1.2$

$$P_y(\text{superficie}) = \sqrt{(79.07 + 5.21)^2 + 2700^2 + (0 * 8)^2} = 2701 \frac{Kg}{m}$$

$$P_y(\text{superficie}) = 2701 \frac{Kg}{m}$$

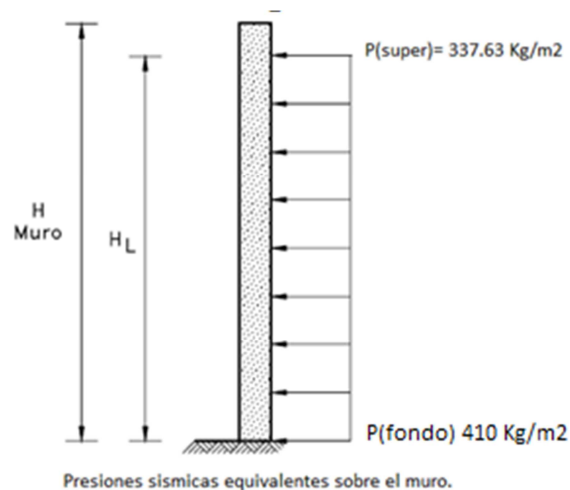
$$P_y(\text{superficie}) = \frac{2701}{B} = 337.63 \frac{Kg}{m^2}$$

- Para $y = 0$

$$P_y(\text{fondo}) = \sqrt{(553.48 + 5.21 + 1511)^2 + 2443^2 + (87.6 * 8)^2} = 2602 \frac{Kg}{m}$$

$$P_y(\text{fondo}) = 3277 \frac{Kg}{m}$$

$$P_y(\text{fondo}) = \frac{3277}{B} = 410 \frac{Kg}{m^2}$$



✓ Superposición de las cargas hidrostáticas con las sísmicas.



Dado que las tablas de *Rectangular Tanks* de PCA, no contienen una tabla específica para cargas uniformes, con las condiciones de apoyo del depósito en nuestro caso, para la superposición de las cargas hidrostáticas con las dinámicas producidas por el sismo, el texto en las mismas tablas sugiere que:

“Proporciona una buena aproximación, el emplear una carga triangular, que tenga la misma área del trapecoide que representa la distribución de carga real.”

Esta misma situación suele presentarse cuando se tiene una carga trapezoidal de empujes del terreno, sólo que en este caso, los empujes del relleno son de signo contrario a los de la presión interior del agua.

Para este ejemplo, la carga triangular equivalente vale:

- área del trapecio:

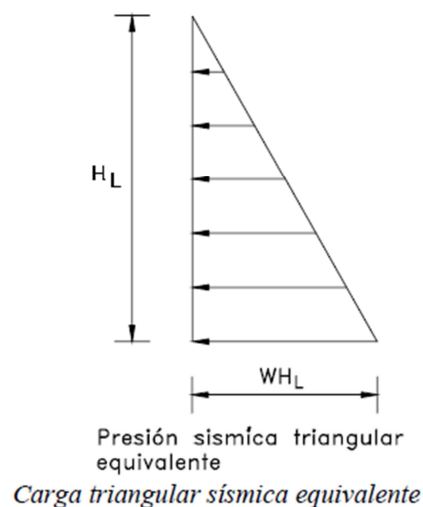
$$[P_y(\text{fondo}) + P_y(\text{super})] * \frac{HL}{2} = (410 + 337.63) * \frac{1.2}{2} = 450 \text{ Kg/m}$$

- El área del triángulo debe ser:

$$\frac{w * HL^2}{2} = w * \left(\frac{1.2^2}{2} \right) = 450 \text{ Kg/m}$$

$$\text{De donde } w = 630 \text{ Kg/m}^3$$

Esto quiere decir, para nuestro caso la presión sísmica equivalente sobre los muros del depósito, es igual a **63% de la hidrostática del agua**.



**RECOMENDACIÓN:**

No debe perderse de vista, que los reglamentos señalan que la estructura deberá analizarse, por lo menos, en **DOS DIRECCIONES ORTOGONALES**. En particular, reglamentos de construcción como el del Distrito Federal (NORMA MEXICANA), especifican que a la acción sísmica resultante en un sentido, es necesario adicionarle el 50% de la acción resultante en la otra dirección analizada.

En nuestro caso, sólo se ha analizado la dirección longitud del depósito (en dirección L), por lo que habría que hacer lo propio con la dirección transversal y como ya se dijo, a las presiones sísmicas obtenidas en el sentido longitudinal, habrá que adicionarles el 50% de las obtenidas en el sentido Perpendicular. Análogamente a las presiones sísmicas determinadas para la dirección transversal Deberá agregarse el 50% de las presiones sísmicas calculadas para la dirección longitudinal y así, Finalmente, se obtendrán las presiones de diseño en una y otra dirección.

✓ **CALCULO DEL DESPLAZAMIENTO (oscilación) del agua para tanques rectangulares:**

La aceleración horizontal sísmica hace que el fluido contenido comience a batirse (chapoteo) con desplazamiento vertical de la superficie del fluido.

El desplazamiento vertical (d max) puede ser calculado por la siguiente expresión.

$$d \max = \left(\frac{L}{2}\right) * (Z * S * I * Cc)$$

Donde Cc = factor de amplificación espectral calculado anteriormente

$$d \max = \left(\frac{10}{2}\right) * (0.25 * 1.2 * 1 * 0.215) = 0.3225 \text{ metros}$$

$$\underline{d \max = 0.3225 \text{ metros}}$$

Por lo tanto, el resultado anterior significa que será necesario dejar aproximadamente 30 centímetros respecto a la altura total de la pared para evitar derramamientos de líquidos en caso de un sismo similar al que se a utilizado aquí para el diseño de la piscina.

En los casos de que la pérdida de líquido deba ser prevenida como podría ser el caso de tanques contenedores de desechos tóxicos se debería proveer de una altura de revancha tolerable.

RECOMENDACIÓN:



Siempre que sea posible deberá evitarse la generación de presiones hidrostáticas e hidrodinámicas en los muros de retención. Esto puede lograrse mediante una selección adecuada del material de relleno, conjuntamente con la colocación de un drenaje eficiente en la interfaz muro-suelo y en el interior del relleno.

Cuando se tenga una masa de agua libre, como en nuestro caso o el caso de muros marginales de muelles, los efectos debidos a las presiones hidrodinámicas se podrán sumar solo si son desfavorables para la estabilidad del muro. En tal situación, las presiones, las fuerzas cortantes y los momentos de volteo inducidos por el movimiento del agua se podrán determinar aplicando los criterios anteriormente descritos.

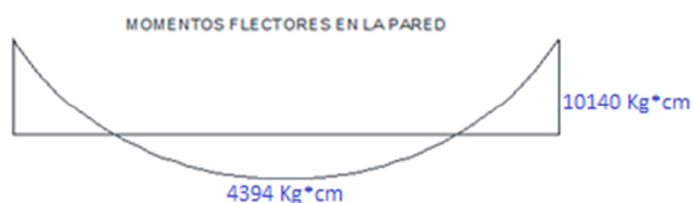
Diseño definitivo de los elementos estructurales:

La carga debida al sismo es el 63% de la carga hidrostática, por lo que el valor que se tomara para el cálculo de los momentos de diseño de las paredes será el 63% en exceso de la hidrodinámica.

$$q = \gamma_w * 1.2 * 1.63 = 1956 \text{ Kg/m}^2$$

Esfuerzos	Coeficiente	M=Coef*q*h ³ Kg*cm)
Mhe	0.030	10150
Mhm	0.013	4394
Vmax	0.295	830 Kgf

A continuación se presenta la gráfica de momentos:



Utilizando el mismo procedimiento que se considero para el dimensionamiento sin considerar el análisis sísmico obtenemos valores definitivos de de la sección de ferrocemento y requerimiento de acero.

ELEMENTOS DE PARED.



w = modulo de la seccion

$$M = \sigma_{agr} * \frac{b * h^2}{6}$$

$$h = 3.5 \text{ cm}$$

- Calculo de la fuerza "F"

$$F = \frac{b * h * \sigma_f}{4}$$

$$F = 4375 \text{ kg}$$

- ✓ Area de acero de la parte traccionada "Aa"

$$Aa = \frac{F}{\sigma_a}$$

$$\sigma_a = 0.5 * R_a \quad \text{Tension admisible del acero para depositos}$$

$$Aa = 208 \text{ mm}^2$$

- ✓ Área de acero de una tela de malla de 100cm de longitud "aa"

$$aa = \frac{\pi D^2}{4} * \frac{100}{@}$$

$$aa = \frac{\pi * 1,1^2}{4} * \frac{100}{1,27}$$

$$aa = 74,83 \text{ mm}^2$$

- ✓ Numero de capas de telas de malla "N"

$$N = \frac{Aa}{aa}$$

$$N = \frac{208}{74,83}$$

$$N = 2.5$$



Se asumen $N = 3$ capas de tela de malla, por seguridad

✓ **Superficie específica “S”**

$$S = D * 3,14 * l * \left(\frac{b}{sep}\right) * N * \frac{2}{b * l * 0,5 * h}$$

$$S = 1,1/10 * 3,14 * 100 * \left(\frac{100}{sep}\right) * 3 * \frac{2}{100 * 100 * 0,5 * 3,5}$$

$$S = 1.02 \text{ cm}^{-1}$$

Para depósitos de agua la superficie específica debe ser mayor a 1 cm^{-1} .
(Cumple)

✓ **Factor de Volumen “Vr”**

$$Vr = D^2 * \frac{3,14}{4} * l * \left(\frac{b}{sep}\right) * N * \frac{2}{b * l * 0,5 * h}$$

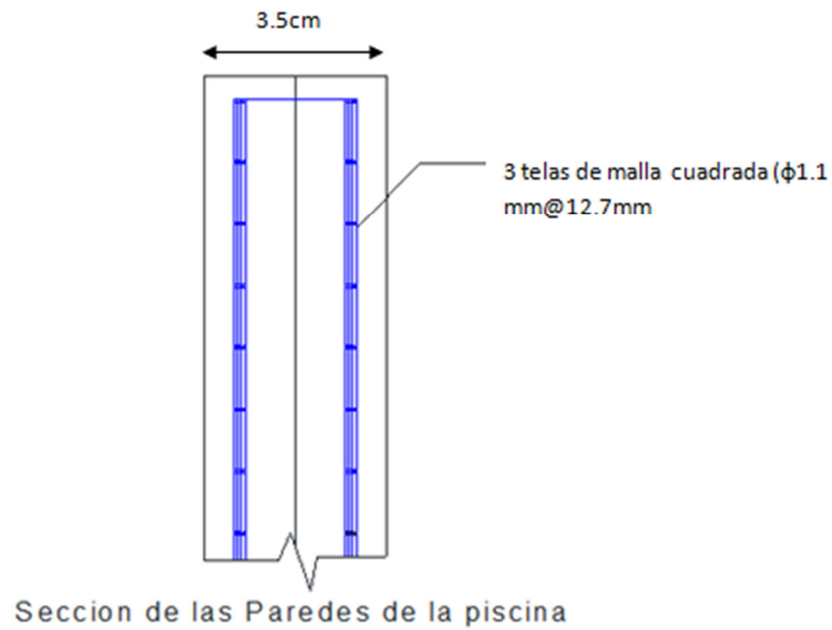
$$Vr = \left(\left(\frac{1,1}{10}\right)^2 * 3,14\right)/4 * 100 * \left(\frac{100}{1,27}\right) * 3 * \frac{2}{100 * 100 * 0,5 * 3,5}$$

$$Vr = 2.56 \%$$

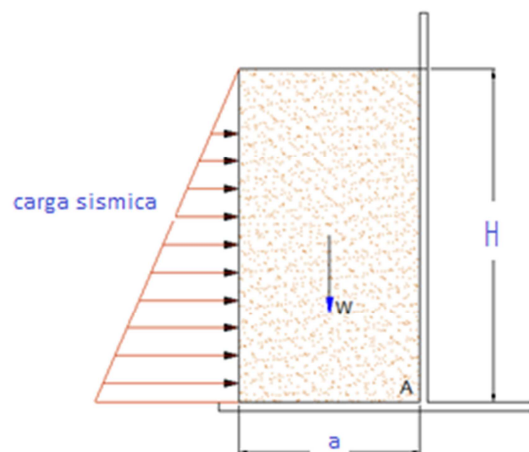
El factor de volumen tiene que cumplir la siguiente codicion $1,8\% \leq S \leq 8 \%$

	UNIDAD	VALORES
Espesor.	cm	3.5
Número de telas de malla	u	6
Superficie específica	cm-1	1.02
Factor de volumen	%	2.56

La sección definitiva se muestra en el siguiente gráfico.



el mismo análisis que se realizó para los rigidizadores anteriormente es válido considerando el aumento de la carga triangular distribuida, producto del análisis sísmico.





Para hallar el ancho recomendable de la figura se toman momentos con respecto al punto A .

$$Es = \frac{1}{2} * q * H = \frac{1}{2} * 1954 * 1.2 = 1163 \text{Kg}$$

$$\text{Brazo de palanca} = \frac{1}{3} * H = \frac{1.2}{3} = 0.4 \text{ m}$$

$$W = \gamma_s * a * H = 1700 * a * 1.2$$

$$\text{Brazo de palanca de } W = \frac{a}{2}$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$a = 0.7 \text{ cm}$$

COMPROBACION A CORTANTE:

$$F = 830 \text{ Kg}$$

Esfuerzo cortante que soporta el hormigón

$$V_c = 0.53 * \sqrt{R_b} * a * h$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{280} * 50 * 3.5 = 1552 \text{ Kg}$$

$$V_c \geq F \text{ (CUMPLE)}$$

✓ VERIFICANDO QUE ME CUMPLA EL CORTANTE BASAL EN LA BASE DEL MURO.

La tensión producida por el corte en la base se obtiene de la siguiente manera:

Perímetro del área de corte.

$$p = 2 * 8 + 2 * 10 = 36 \text{ m}$$

$$V = 17108 \text{ Kg}$$

Tensión de corte en la base de la piscina.



$$\tau(\text{actuante}) = \frac{V}{A(\text{corte})} = \frac{17108}{[3600 * 0.035]} = 1.31 \text{Kg/cm}^2$$

Tensión resistente ACI 318.

$$\tau(\text{resistente}) = 0.53 * \sqrt{f'c} = 8.86 \text{Kg/cm}^2$$

$$\tau(\text{resistente}) > \tau(\text{actuante}) \quad \text{CUMPLE}$$

3.6.-SOLUCION CONSTRUCTIVA PARA LA PISCINA DE FERROCEMENTO

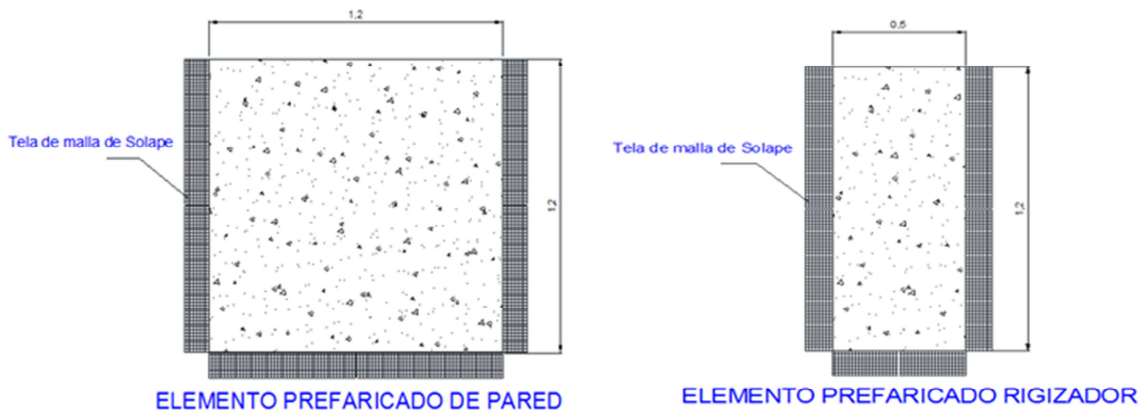
POSIBILIDADES DE PREFABRICACIÓN

Las prefabricación de piscinas es una práctica común en Cuba, por lo que para la presente monografía se utilizará las experiencias dadas por el Ing. Hugo Weinshtok en su libro “FERROCEMENTO”.

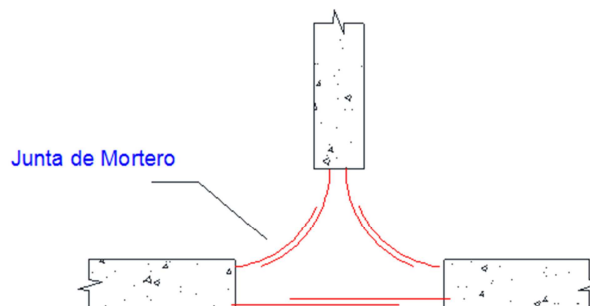
Las piscinas prefabricadas tienen como criterio la unión de tres paneles prefabricados (dos elementos de pared y un rigidizador), las dos paredes en el



mismo plano, y el rigidizador en un plano perpendicular a ellas, a estos elementos prefabricados se les deja un tramo de telas de malla saliente, el mismo que va a servir como solape para lograr continuidad en el refuerzo. Los elementos prefabricados para pared y rigidizador se muestran en la siguiente figura.



Los elementos se unen como se muestra en el siguiente gráfico, donde la junta se debe colocar con el mismo material mortero con el que se emplastecen los elementos estructurales.



La conformación del terreno se hace a máquina o a mano, en todos los casos después se coloca un sello de hormigón de baja calidad en nuestro caso se colocará un sello de $R_b = 10 \text{ Mpa}$, el mismo que servirá para nivelar el terreno y como base para colocar las telas de malla de acero que componen el refuerzo del fondo de la piscina, sección que se definió en el capítulo anterior. Los solapes mínimos a utilizarse son de 100m como establece la norma ACI 305 para ferrocemento, es importante el vibrado con cualquier método adecuado además se debe controlar la nivelación de los elementos, para luego proceder al emplastecido de la junta.



Los elementos prefabricados serán contruidos en el lugar siguiendo las siguientes especificaciones recomendadas por el ACI 305 para ferrocemento.

Colocado a mano: Con el colocado a mano tenemos las siguientes ventajas:

- Podemos lograr la forma requerida fácilmente
- Buena penetración del mortero
- Fácil de reparar defectos

Aunque tiene estas ventajas, debemos tomar en cuenta que se debe tener un estricto control de calidad del mortero (supervisión constante) en el momento de la ejecución, y el tiempo de colocado aumentará.

Planificación del trabajo: Por paneles

Mezclado: Mezcla homogénea.
Relación Agua/ cemento =0,5
Relación Áridos/cemento=2
Mezclado de materiales en peso

Preparación: Secuencia de mezclado: Agua-Arena-Cemento-Arena-Agua

Mezcladora: Paleta Giratoria

Terminación: Ligeramente Rugosa

Curado: Comienza antes de las tres horas, intensivo hasta 15 días

Tratamiento Superficial: Colocado de impermeabilizante
Terminación ligeramente rugosa

Tolerancia de espesor: $\pm 2\text{mm}$

Solape: 100mm

Anclaje: 100mm

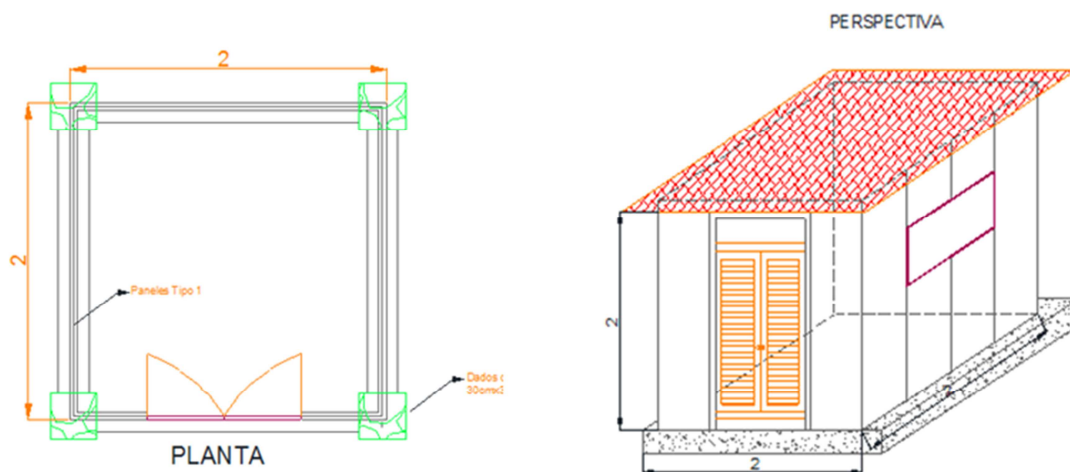
3.7.-SECUENCIA CONSTRUCTIVA

- Conformado del terreno puede ser manual para piscinas pequeñas o con maquinaria pesada para piscinas grandes.
- Colocar un sello de hormigón pobre hasta la zona donde se van a colocar los rigidizadores.

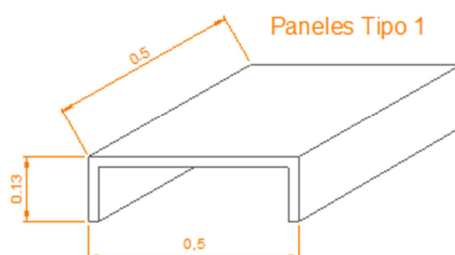
- Se coloca las telas de malla de acero de fondo, convenientemente solapadas en el sector de las paredes y rigidizadores, las que no tienen conexión se colocan conforme avanza el emplastecido del fondo.
- Se unen los elementos de pared y rigidizadores prefabricados a través de los solapes dejados para este propósito.
- La secuencia de fundición se hace de la siguiente manera
 - Las juntas horizontales del piso con los paneles prefabricados de pared y rigidizadores y la zona de fondo adyacente a la pared
 - Juntas verticales entre paneles prefabricados
 - El resto del fondo en paños alternos
- Se vierte árido grueso en la zona entre rigidizadores y se coloca el material de relleno hasta conformar el terreno
- Se recomienda concluir el área del tanque con una acera hormigonada vinculada a los rigidizadores y paredes, lo cual le da gran rigidez al conjunto.

3.8 IMPLEMENTACION DE VESTIDORES DE FERROCEMENTO

Los vestidores tienen la siguiente forma.



En los vestidores se harán utilizando paneles de ferrocemento prefabricados de igual manera como se los prefabricó para los elementos estructurales de la piscina, los elementos tienen la siguiente forma, se utilizan debido a la experiencia y buenos resultados que ha dado para la fabricación de casas de bajo costo en Cuba.

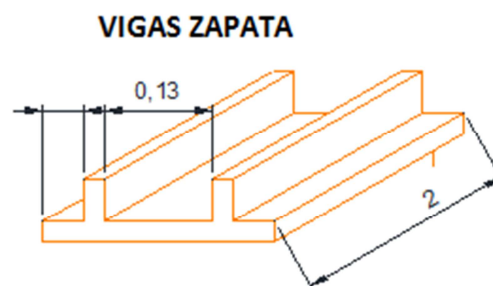
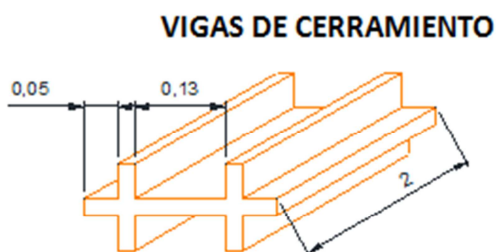


Proceso constructivo [2]

La cimentación se utiliza vigas zapata de ferrocemento donde previamente se construye una superficie con material bien compactado, un sello corrido de hormigón de baja calidad o pequeños platos de hormigón armado hormigonados en el lugar, que permitan alcanzar la profundidad del estrato resistente del terreno que posibiliten la nivelación del terreno y el apoyo de las cadenas, una vez concluido el montaje de estas se procede a ejecutar las juntas entre ellas para lo cual se empalman todos los aceros salientes de los extremos o en los puntos de unión con los cimientos, si los hubiera. Después se procede a sellar las juntas vertiendo un mortero de arena y de cemento de igual dosificación de las cadenas

Montaje de Paredes [2]

Cada elemento de pared se coloca en dentro de la cajuela de las cadenas, la alineación, verticalidad y sujeción de las piezas se alcanza al introducir pequeñas cuñas de madera o metal que permitan su fijación provisional, para luego continuar con el sellaje de la junta cadena-panel, vertiendo dentro de la cajuela un mortero de arena cemento hasta llenarla completamente, así quedan empujados todos los paneles en la base. Estos se colocan uno al lado de otro y solo se deja espacio entre los paneles previamente seleccionados para colocar en dicha separación las instalaciones eléctricas y tubos plásticos ocultos en la pared. luego se coloca las vigas de cerramiento, para luego finalmente colocar el tejado..







CAPITULO 4

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA HIDRAULICO

4.1.-CONCEPTOS Y PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA PISCINA

Para mayor entendimiento se presente algunos conceptos:

PARTES DE UNA PISCINA.

- ✓ **Sumidero de fondo:** desagüe situado en la parte más profunda del vaso de la piscina, el grupo motobomba aspira directamente de la piscina por él, también sirve para un desagüe rápido.
- ✓ **Rebosadero:** canaleta alrededor de toda, o de parte del perímetro de la piscina, a donde desborda el agua de la piscina y por un colector va al vaso de compensación o depósito regulador.
- ✓ **Vaso de compensación:** almacena el agua que desborda por la canaleta del rebosadero, recibe el agua de renovación, el grupo de bombeo desde él aspira el agua para filtrarla y devolverla a la piscina.
- ✓ **Skimmer:** abertura de plástico, o de bronce, en los muros de la piscina y a la altura de la superficie del agua, para la aspiración por ellos, hay varios, desde el grupo de bombeo. Se coloca skimmer o rebosadero, no los dos a la vez, y se colocan en la piscina frente al viento dominante.
- ✓ **Toma para la barredera:** boquilla con tapa sumergida 15 cm bajo la superficie del agua para conectar en ella la manguera del limpia-fondos manual, que envía el agua al equipo de filtración.
- ✓ **Grupo de bombeo:** formada por una o varias bombas, se encarga de recircular toda el agua de la piscina en un tiempo prefijado, aspirándola del fondo, de skimmer o vaso de compensación, reuniéndola en un colector, junto con la de la barredera, la impulsa hacia los filtros y después a la piscina.
- ✓ **Filtro:** recipiente metálico o poliéster y fibra de vidrio, lleno de arena, arena y antracita o diatomeas, retiene las partículas flotantes en el agua. Una batería de 5 válvulas, o una válvula selectora, sirve para realizar las operaciones de filtrado, lavado y enjuague de filtro. Puede haber más de uno por piscina.
- ✓ **Contadores de agua:** uno mide el agua que entra cada día en la piscina, otro mide el agua que es recirculada cada día para saber si la instalación cumple los requisitos de renovación y recirculación que ordena Sanidad.



- ✓ **Impulsión:** conjunto de tuberías que se ramifican bajo el fondo de la piscina o en sus muros, devuelven el agua a la piscina filtrada y desinfectada. También sirven para conducir el agua de llenado de la piscina procedente de la red de aguas local.
- ✓ **Desinfección:** se realiza con cloro líquido, en polvo o tabletas disueltas con parte de agua procedente de la impulsión se inyecta pasado el contador de recirculación. El cloro activo en agua se mide con comparadores de cloro, manualmente o electrónicamente.

Las instalaciones dentro de este tipo de proyectos son uno de los elementos de mayor importancia, puesto que, a diferencia de una casa necesita un mantenimiento constante para que el agua permanezca en condiciones óptimas. Una piscina sin mantenimiento por dos días puede provocar el desarrollo de algas, dando una apariencia verdosa al agua. Otra parte importante en este tipo de proyectos es el diseño hidráulico y del equipo de filtrado, en el presente trabajo se dan recomendaciones técnicas para el diseño de los mismos.

INSTALACIONES HIDRAÚLICAS [4]

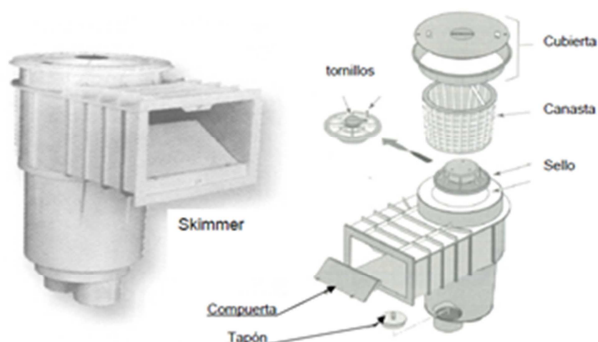
EQUIPO DE BOMBEO

Para lograr que el agua circule por la tubería es necesario contar con una bomba, la cual está acoplada al filtro. Es uno de los elementos más importantes de todo sistema de circulación. Se coloca entre la tubería de succión que está conectada a las rejillas de fondo y los skimmers, y la de impulsión que está conectada a los retornos.

Dentro de la gran variedad de tipos de bombas que existen en el mercado, las bombas centrífugas son las que se utilizan en la recirculación del agua de las piscinas.

Para realizar una buena elección de la bomba hay que considerar que la variación del caudal a lo largo de la carrera del filtro no debe exceder del 10 al 20 % del nominal. También, la presión de la bomba con la válvula cerrada no debe superar el 175 % de la presión de servicio y su rendimiento nunca debe estar por debajo del 65 %. Generalmente se utilizan bombas de alta presión y poco caudal, dependiendo del volumen del agua, equipo de filtración, etc.

SKIMMER



Esquema tipo de skimmer

colocado en la parte baja de éste.

El nombre apropiado, en función de la misión que tiene asignada, debe ser el de aspirador laminar de superficie. Se trata de un aparato que asegura la limpieza automática y permanente de la superficie del agua, sustituyendo al rebosadero. Las impurezas más grandes como: hojas, ramas e insectos se retienen en una canasta que sirve como filtro

La velocidad de aspiración en las tuberías no sobrepasará los **1,5 m/seg.** En la reja de protección de los desagües la velocidad de aspiración no sobrepasará los **0,5m./seg.**

Se instalará **1 skimmer por cada 25 m²** o fracción de lámina de agua y la proporción de agua recirculada será de un mínimo **del 75 % procedente de los skimmers** y un máximo **del 25 % procedente del fondo.**

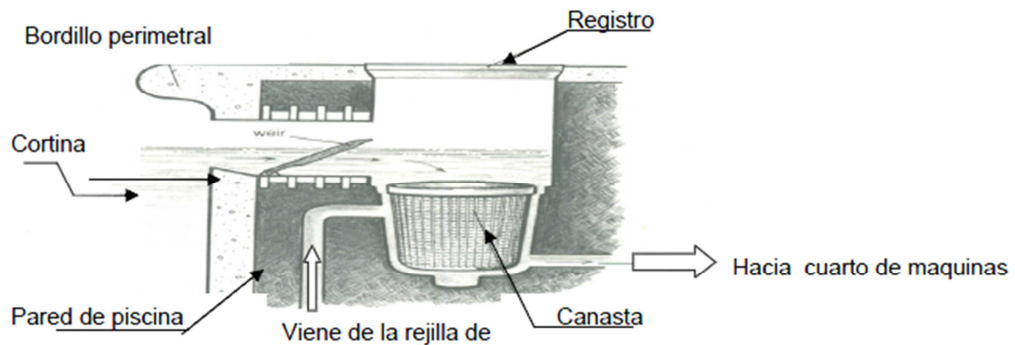
Las hojas y otras impurezas grandes que son retenidas en la canasta pueden ser removidas fácilmente, ya que el fácil acceso permite una rápida inspección. La inspección generalmente coincide con la etapa del aspirado, por lo que mientras ésta se realiza debe revisarse para que la basura como las hojas no obstruya el paso del agua, y así evitar que la bomba trabaje en seco, lo que podría ocasionar que falle.

El agua que es succionada por el skimmer y es transportada a través de un sistema de tubos hasta la bomba, la que a su vez la impulsa al filtro donde quedan atrapadas las partículas más pequeñas.

Es recomendable que cada skimmer cuente con su propio tubo de succión hasta el cuarto de maquinas, donde pueden unificarse para ser conectados a la bomba.

Instalación de skimmer

La colocación del skimmer no debe considerarse complicada, pero debe tenerse mucho cuidado ya que es un lugar propicio para que existan filtraciones.



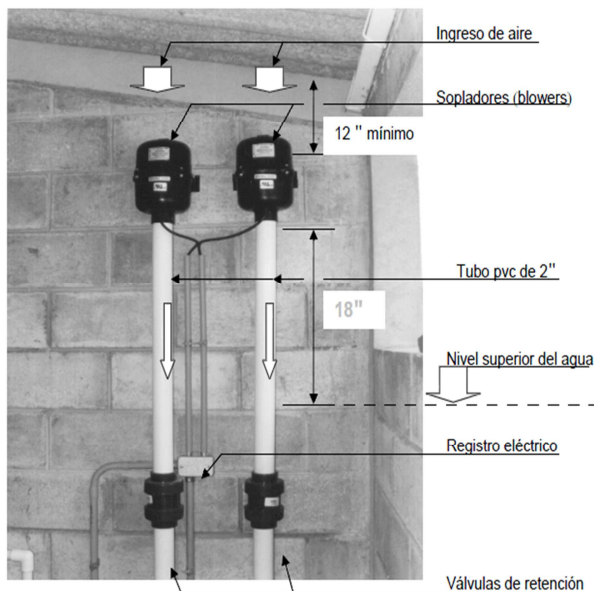
Esquema de instalación de skimmer

Consideraciones a tomar para los skimmers:

- Debe colocarse un skimmer por cada 25 metros cuadrados de superficie.
- Colocarlos en la pared que coincida con la mayor profundidad de la piscina.
- El caudal máximo de cada skimmer no debe sobrepasar de 10 m³/h.

SOPLADORES

Figura 10. Instalación de sopladores (blowers).



Los sopladores son equipos que sirven para introducir aire en el agua, y así formar las burbujas que son las que le dan el efecto espumoso al agua en los jacuzzis.

Estos equipos son colocados fuera del estanque de la piscina, su ubicación ideal es el cuarto donde se ubican las bombas, normalmente se instalan sobre la pared, permitiendo así superar la altura del nivel del agua de la piscina.

Los sopladores están conectados al jacuzzi y en algunos casos a la piscina por medio de ductos de pvc, generalmente de 2 pulgadas de diámetro.

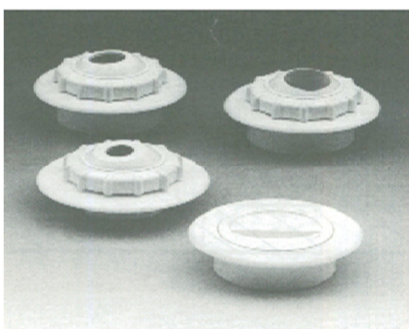
Debe tenerse el cuidado de no permitir que el agua llegue hasta el mecanismo de los sopladores, ya que no están diseñados para estar en contacto con el agua.



Para evitar que el agua llegue hasta el soplador, éste debe instalarse a 18 pulgadas como mínimo sobre el nivel del agua del estanque al que se conecta, también deben colocarse válvulas de retención como en la figura 10 para garantizar que el flujo de aire será solo en un sentido.

Los accesorios finales de los sopladores en los estanques de los jacuzzis o las piscinas son los mismos que la bomba del jacuzzi. Los yets que se instalan en la pared perimetral del jacuzzi son accesorios que cuentan con dos accesos, uno para el agua y otro para el aire, esto es lo que hace que el agua y el aire se combinen para crear burbujas a su salida.

RETORNOS[3]

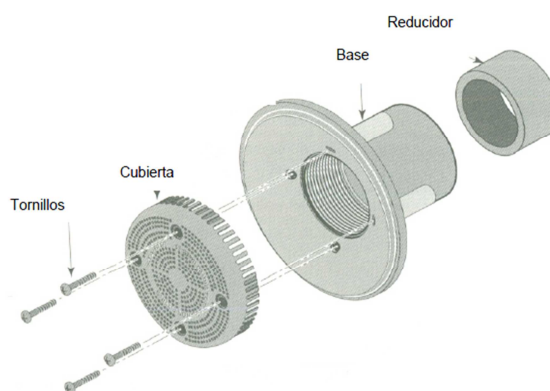


Son accesorios que sirven para hacer que el agua que pasa por el filtro regrese ya filtrada a la piscina. Cada vez que la bomba está en funcionamiento a través de los retornos circula agua, la que es succionada por los skimmer y rejillas de fondo. Los retornos se instalan en la pared en el sector de menor profundidad, esto se debe a que es la posición opuesta a los skimmer.

La ubicación ideal de éstos (en la parte de mayor profundidad), debe ser a 0.30m por debajo del nivel más alto del agua para provocar corriente.

Cuando se instalan retornos, éstos deben colocarse en la posición contraria a los skimmers, para generar así una corriente superficial que arrastre hojas y elementos externos al agua de la piscina.

Es importante también hacer ver que el posicionamiento de los retornos debe generar una corriente paralela a la dirección del viento predominante del lugar para evitar que la corriente pierda velocidad.



En algunos casos es necesario instalar retornos en el fondo de la piscina, esto es usual cuando el vaso de la piscina es muy grande.

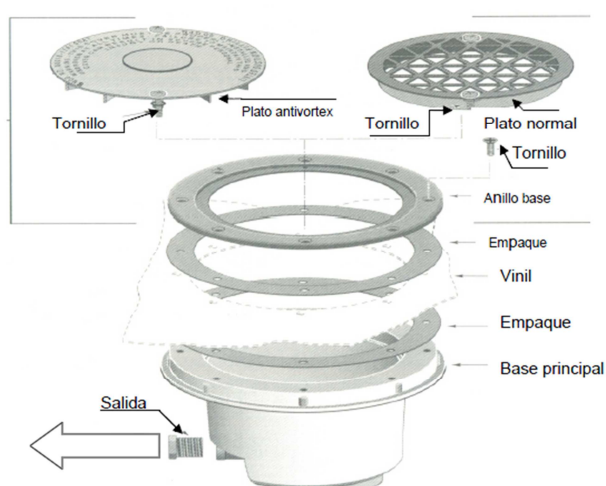
Cuando la distancia entre los retornos ubicados en las paredes y los skimmer es muy grande la velocidad de la corriente disminuye significativamente, los retornos de fondo incrementan la velocidad en la distancia media del recorrido.

REJILLAS DE FONDO

El desagüe colocado en el fondo de la piscina, además de permitir el vaciado total, contribuye al sistema de filtrado del agua. Debe dejarse conectado mediante un ducto directo hasta el cuarto de máquinas para poder tener el control con una llave de compuerta.

La recogida de agua del fondo se realizará mediante sumidero, que para evitar accidentes, la velocidad de aspiración en las ranuras de la rejilla de los sumideros estará comprendida entre los 0,3 y 0,5 m / s

Al cerrar la llave de compuerta del desagüe se puede conseguir que la succión aumente mientras se realiza el aspirado de fondo, también puede ayudar a eliminar las peligrosas corrientes de aspiración que se podrían producir. "En el caso que una parte del cuerpo estuviera en contacto con el desagüe, se produciría un efecto de ventosa que haría que un bañista inexperto se quede bloqueado en el fondo de la piscina"



En la figura pueden verse dos accesorios finales, el de la izquierda es el que no permite corrientes de aspiración, llamado anti-vortex, y el de la derecha, que si permite este tipo de corrientes. En este caso la base es la misma para ambos.

Se observa la salida donde se debe conectar el tubo pvc de 2 pulgadas con dirección al cuarto de bombas.



EQUIPOS DE FILTRADO

En un proyecto de piscina con sistema de hidromasaje, los equipos de filtrado ocupan un lugar muy importante, a tal grado que no se puede concebir un proyecto de esta naturaleza sin éstos. El equipo más importante de una piscina es el filtro y la bomba.

La combinación de motor y bomba sirve para succionar el agua de la piscina, impulsándola a través del filtro para enviarla nuevamente hacia el estanque. Una bomba con mucho poder para el sistema puede dañar el filtro, pero si la bomba es demasiado pequeña, el filtro no trabajará correctamente, tampoco se podrá realizar la limpieza del fondo debido a la falta de fuerza en la succión.

La sucesión recomendada de eventos para el cálculo del equipo de filtración:

- primero determinar el tamaño de la bomba
- luego el filtro que trabaje eficientemente con la capacidad de la bomba seleccionada.

Si se usa un filtro con una capacidad mayor de la necesaria no se tendrá ningún problema, pero si éste es muy pequeño el sistema no trabajará eficientemente. Para el cálculo de la potencia de la bomba es necesario conocer el volumen de la piscina y las diferentes pérdidas de carga generadas por la tubería, codos y válvulas del sistema. También es importante conocer la presión ideal de trabajo del filtro.

El volumen del estanque debe circular a través del filtro en un período de 4 a 12 horas, este es uno de los factores de mayor importancia cuando se calcula la potencia de la bomba. Cuando el estanque es muy grande lo recomendable es colocar varios circuitos con su bomba y filtro respectivo.

SISTEMA DE FILTRACIÓN

Velocidad de filtración.

En piscinas públicas no se recomienda velocidades superiores a **40 m³/ m²**, la velocidad óptima se encuentra **entre 20 y 30 m³/h m²**, para piscinas privadas que es nuestro tema se puede tolerar un máximo de 50 m³/h m², si esta cifra es menor la piscina estará más limpia debido a que el filtro retiene una mayor



cantidad de microorganismos. Con velocidades superiores a éstas el agua pasa muy deprisa por los filtros, y estos no tienen capacidad suficiente para retener las partículas, que retornarán a la piscina ensuciándola otra vez, llegando a obstruir las boquillas de impulsión de agua filtrada.

Para filtrar el agua de la piscina se toma del fondo y del rebosadero (en las piscinas de reciente construcción), o de los skimmer:

- Aspiración de fondo 30% del volumen aspirado
- Aspiración skimmer 70% del volumen aspirado

El filtrado es el proceso físico mediante el cual es retirada la materia en suspensión o no soluble como polvo, tierra, algunas algas y algunos residuos. Al forzar el paso del agua a través de un medio filtrante, donde las partículas suspendidas no pueden pasar, el agua toma un aspecto cristalino.

“Dentro de los sistemas filtrantes presurizados existen tres tipos de medios: arena sílica, tierra diatomea y cartucho de poliéster. El agua es succionada de la piscina e impulsada por la motobomba a una presión determinada hacia el filtro para que éste realice la retención de los sólidos.

El rendimiento de un filtro se mide por la cantidad de agua que puede pasar por un área determinada y se expresa en litros por minuto por metro cuadrado de área filtrante.

Filtros de arena

Dentro de la clasificación de arena sílica existen dos tipos, los de baja velocidad y los de alta velocidad. “Los filtros de baja velocidad manejan una proporción de flujo de 0.6 m³ por minuto por metro cuadrado y están conformados por una capa superior de arena sílica soportada a la vez por una capa de grava que va aumentando en grosor”.

“Los filtros de alta velocidad manejan una proporción de flujo de 0.8 m³ por minuto por metro cuadrado. En ambos casos el agua ingresa al tanque por la parte superior a través del difusor de agua. La suciedad es retirada del agua por la arena sílica y el agua es conducida a los colectores diseñados de manera que provoquen un flujo laminar entre el difusor y los colectores, lo que produce un balance hidráulico, donde la superficie filtrante es aprovechada a su máxima eficiencia”.

Arena sílica



La selección de la arena es un factor importante del diseño de los filtros, ya que a medida que los granos de arena sílica aumentan en tamaño la eficiencia de filtración disminuye, pero si el tamaño es demasiado pequeño el medio filtrante se obstruirá rápidamente.

“La dimensión de la arena sílica para filtros de alta velocidad deberá estar entre 0.40 y 0.55 mm.” (1-284) de diámetro. Cuando se llene el filtro con arena deberá dejarse un espacio libre igual al 50% de la profundidad libre del tanque. Deberá agregarse una cuarta parte de la capacidad del tanque con agua antes de vaciar la arena, con el fin de reducir el impacto directo sobre los colectores al llenar el filtro.

Filtros de tierra diatomea

En este tipo de filtros el medio filtrante es desechable después de completar el ciclo de filtrado. Una diatomea es un esqueleto sólido similar a un fósil y es un polvo muy fino y de color blanco, su poder filtrante tiene un rango de 3 a 5 micrones.

“La proporción de flujo en estos filtros va de 1 a 2 litros por minuto por metro cuadrado, la cantidad de tierra diatomea que ocupa el filtro es de 0.4536 kilogramos por pie cuadrado de superficie de filtrado.” El retrolavado se realiza cuando se incrementa la presión de operación del filtro de 5 a 10 PSI (libras por pulgada cuadrada) de lectura inicial del filtro con la consecuente pérdida del medio filtrante que es enviado también al drenaje.

Filtros de cartucho[15]

Los filtros de cartucho se clasifican en dos categorías: los de superficie y los de profundidad, estos últimos por tener un espesor más grueso de capa filtrante les permite mantener con mayor facilidad las partículas. Los filtros de superficie tienen una sola capa de medio filtrante fabricada de fibras de poliéster sintéticas plegadas y pegadas en una estructura cilíndrica.

El agua se hace pasar a través del cartucho en donde las partículas quedan atrapadas. La proporción de flujo que estos filtros manejan es de 35 litros por minuto por metro cuadrado y su poder filtrante tiene un rango de 15 a 25 micrones. La limpieza de estos filtros consiste en lavar el cartucho con el chorro de agua directo de una llave o manguera, además del uso de cepillo suave de raíz.



4.2.- PARAMETROS DE CÁLCULO

DEFINICIÓN DE CICLO DE RECIRCULACIÓN:

El ciclo de recirculación es el tiempo que tarda el equipo de filtrado en hacer pasar el volumen completo de agua por el sistema. Por ejemplo:

Si la piscina es de 88 m³ como es nuestro caso y el equipo de filtración es de 21.20 m³/h, entonces el ciclo de filtración es de 4.15 Horas.

El ciclo de recirculación depende de varios factores:

- Del uso que se le va a dar a la piscina.
- El entorno de la piscina.
- el tipo y diseño de la piscina.
- La calidad del agua que se desea y otros factores de menor importancia.

Al conocer y entender los anteriores factores, y como éstos van a influir en el sistema de filtración, y por ende en la calidad de la piscina, se puede elegir y diseñar el equipo de filtración ideal.

En la **tabla IV** se muestra de forma sencilla un método para el cálculo del ciclo de recirculación de la piscina.

Tabla IV. Cuadro para el cálculo del ciclo de recirculación.

	de 1 a 10	Coef.	Resultado
Uso de la piscina (1=poco, 10=mucho)		7.60	
Entorno de la piscina (1=limpio, 10=sucio)		5.80	
Tipo de piscina (3=mala, 1=buena)		6.00	
Instalación hidráulica (1=avanzada, 10=simple)		6.70	
Medio filtrante (1-2=arena sílex, 10=Diatomea)		8.80	
Calidad del agua (1=baja, 10=alta)		3.80	
Recirculación			horas

En la tabla anterior debe anotarse un valor de 1 a 10 que corresponda a los parámetros indicados en el lado izquierdo para ser dividido entre el valor de la columna de la derecha identificada como coeficiente, este valor es constante para en lo posterior realizar la suma que será nuestro ciclo de recirculación.

Uso de la piscina

En “uso de la piscina”, el valor que se debe introducir está en relación con la carga de bañistas que pueda alojar la piscina, y tiene relación directa con la frecuencia de los baños por día.

Un valor 10 sería el correcto para un uso de la piscina elevado, del orden de 1 bañista por cada 4m² de superficie y una frecuencia media de 2 baños al día. En



el otro extremo, un valor 1 sería el equivalente a un uso bajo de la piscina, del orden de 1 bañista por cada 20m² de superficie y una frecuencia media de 1 baño cada 2 días.

Entorno de piscina

En “entorno de la piscina”, debe indicarse si la piscina se encuentra en un área boscosa, donde muchas de las hojas frecuentemente llegan a la superficie de la misma, en este caso extremo debe usarse un factor 10, o un entorno casi estéril de una piscina cubierta y sellada (factor 1).

Tipo de piscina

En “tipo de la Piscina”, se indicará si la piscina es del tipo de las que usa Skimmers que sería nuestro caso, de ser así usar un factor de 1 a 3.

Instalación hidráulica

En la instalación hidráulica, debe tomarse en cuenta el diseño del circuito de la tubería que conecta la piscina con el sistema de filtrado, si los circuitos se han instalado de manera correcta se puede usar un factor entre 7 y 8 caso contrario un valor menor.

Medio filtrante

En "medio filtrante", se deberá valorar la capacidad retentiva del medio a emplear. Así por ejemplo para sistemas de filtración de arenas de sílice (Silex), estarían entre un 2 para los de bajo rendimiento, y un 1 para los de rendimiento alto que en nuestro caso usaremos el sistema de arenas de sílice de bajo rendimiento se escogió este por su bajo costo y son las que se pueden encontrar en el mercado.

Calidad del agua

En "Calidad del agua", debe indicarse si se desea una calidad del agua excelentemente transparente (factor 10) o una calidad del agua normal, con aceptación de turbiedad natural (factor 1).



4.3.-RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO HIDRAÚLICO DE LA PISCINA

[3]

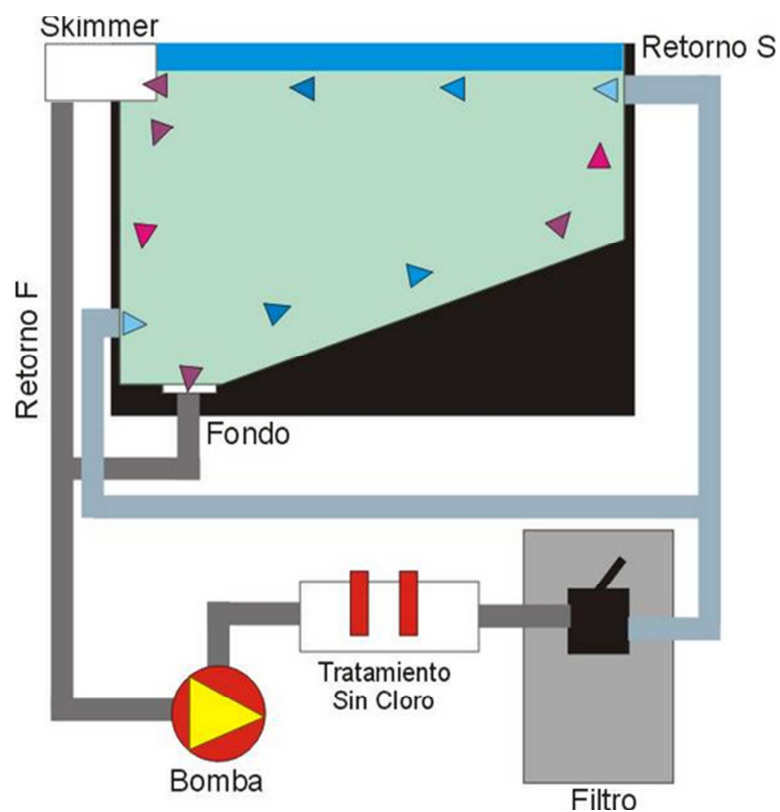
1. Debe constar con un sistema de extracción y retorno.
2. Se diseñara de forma que no se deje masa de agua sin depurar.
3. Es de destacar que la mayor concentración de elementos contaminantes como; polvo, suciedad, grasas, bacterias, etc. Se producen en la capa superficial del agua por tal motivo es muy importante la extracción del agua superficial que en nuestro diseño lo realizaremos mediante los skimmers.
4. La velocidad de aspiración de las tuberías no deberá sobrepasar los **1.5 m/s.**
5. En la reja de protección de los desagües (sumidero) para evitar accidentes la velocidad de aspiración no pasara los **0.5m/s.**
6. Se instalara un skimmer por cada **25 m²** de superficie de lámina de agua.
7. El agua deberá ser renovada las 24 horas del día para que en todo momento la misma se encuentre en condiciones sanitarias apropiadas.
8. El numero de boquillas dependerá del caudal de recirculación, del diseño de las boquillas y del film superficial de la piscina y su colocación en el vaso se la realizara de tal modo que no quede ninguna zona muerta en especial ángulos, cerca de escaleras, etc.
9. En el diseño de una piscina debe tenerse el cuidado de ubicarla lo más alejado posible de las áreas de sombra, para aprovechar al máximo las horas de sol para que la temperatura del agua sea confortable al usuario.
10. La diferencia de nivel entre los caminamientos o paseos perimetrales de la piscina y el suelo natural debe ser de 20 centímetros, como mínimo, para evitar que en época de lluvia se inunde el estanque de la piscina.
11. La colocación de los skimmers debe estar orientada de tal forma que el viento arrastre las hojas y partículas flotantes hacia éste. De igual forma, debe tenerse cuidado con la instalación de los retornos ya que la posición de éstos debe ser opuesta a la de los skimmers para provocar una Corriente hacia los mismos.
12. La ubicación del cuarto de bombas no debe estar muy distante del vaso de la piscina para reducir las pérdidas de carga por fricción.
13. El nivel superior del agua del estanque debe estar como mínimo 30 centímetros arriba del nivel del sistema de filtrado para evitar que la bomba trabaje en seco.

El circuito de agua comprende:

- Recogida del agua superficial por los skimmers o rebosaderos.



- Pre filtración (antes de la bomba para evitar que esta sufra daños, este pre filtro debe ser capaz de retener cabellos, hojas, materiales fibrosos.)
- Bombeo (con el fin de compensar la pérdida de carga que supone el paso de agua por las instalaciones existirá un equipo de bombeo que cumpla con esta función, capaz de además invertir en su caso y con el juego adecuado de válvulas la recirculación en los filtros)
- Filtración y coagulación.
- Inyección de desinfectante.
- Retorno del agua tratada al vaso a través de bocas de impulsión.





4.4.-CALCULOS

DISTRIBUCION DEL SISTEMA HIDRAÚLICO.

Como se menciona la distribución tiene que hacerse de tal manera que no exista masa de agua sin tratar.

✓ **Calculo del número de Skimmers.**

$$N_s = \frac{\text{m2 de superficie de lamina de agua}}{25}$$

$$N_s = \frac{10 * 8}{25} = \frac{80}{25}$$

$$N_s = 3.2 \text{ (asumo 4)}$$

✓ **Calculo de la ubicación de los Skimmers.**

Los Skimmers serán ubicados en el lado de mayor profundidad.

- Separación de las paredes (perpendiculares).

$$T1 = \frac{A}{6}$$

$$A = 8m \text{ DISTANCIA DE LA PARED (como se muestra en el corte de la piscina)}$$



$$T1 = \frac{8}{6} = 1.3\text{ m}$$

- En cuanto a la separación entre los Skimmers, estos los reparto en la distancia sobrante.

$$T2 = (A - 2 * T1) / (N - 1)$$

$$T2 = (8 - 2 * 1.3) / (4 - 1) = 1.8\text{ m}$$

- ✓ **Calculo del número de retornos de fondo a situarse bajo los Skimmers.**

$$Nr = \frac{A}{1.5}$$

$$Nr = \frac{8}{1.5} = 5.33 \text{ (Asumo 6 boquillas de retorno)}$$

$$Nr = 6 \text{ retornos de fondo}$$

- ✓ **Calculo de la altura (H1) de la esquina inferior de esa pared hasta los retornos de fondo.**

$$H1 = \frac{\text{Profundidad maxima}}{5}$$

$$H1 = \frac{1.2\text{ m}}{5} = 0.24\text{ m} = 25\text{ cm}$$

- ✓ **Calculo de la separación de las paredes verticales (S1) de los retornos de fondo.**

$$S1 = \frac{A}{7}$$

$$S1 = \frac{8\text{ m}}{7} = 1.14 \text{ (asumo 1.5m)}$$



$$S1 = 1.5\text{ m}$$

- Los retornos de fondo restantes los reparto equitativamente en la distancia restante.

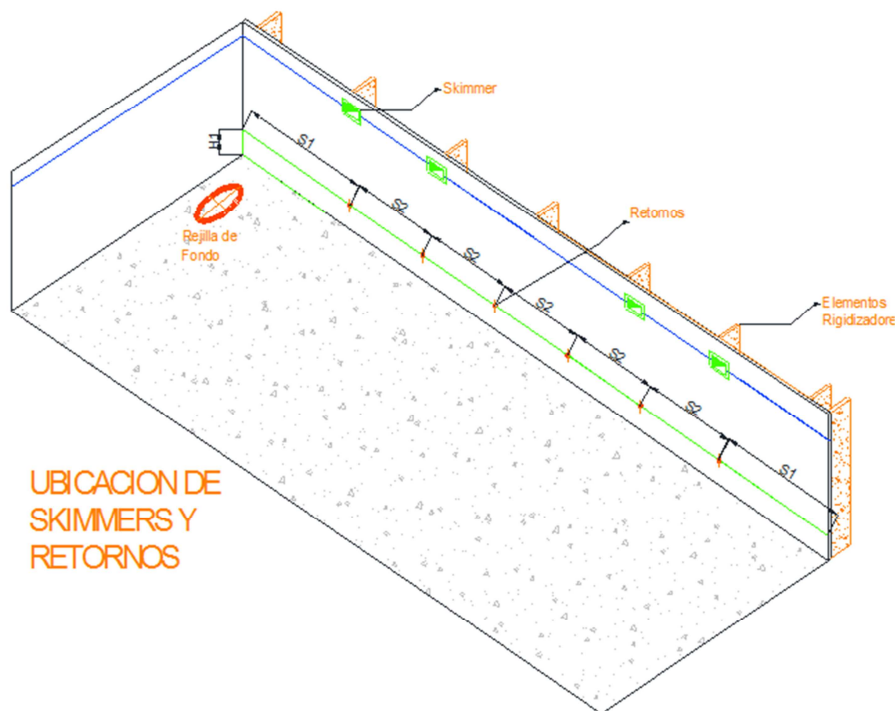
$$S2 = (A - 2 * S1) / (Nr - 1)$$

$$S2 = (8 - 2 * 1.5) / (6 - 1)$$

$$S2 = 1\text{ m}$$

NOTA:

Debido a que la piscina tiene una longitud considerable (10 m) y por las recomendaciones dadas de que no debe existir masa de agua sin tratar y para que el flujo sea equitativo y que el agua expulsada vaya en dirección de los Skimmers se colocan retornos de superficie de la misma manera que los de fondo.





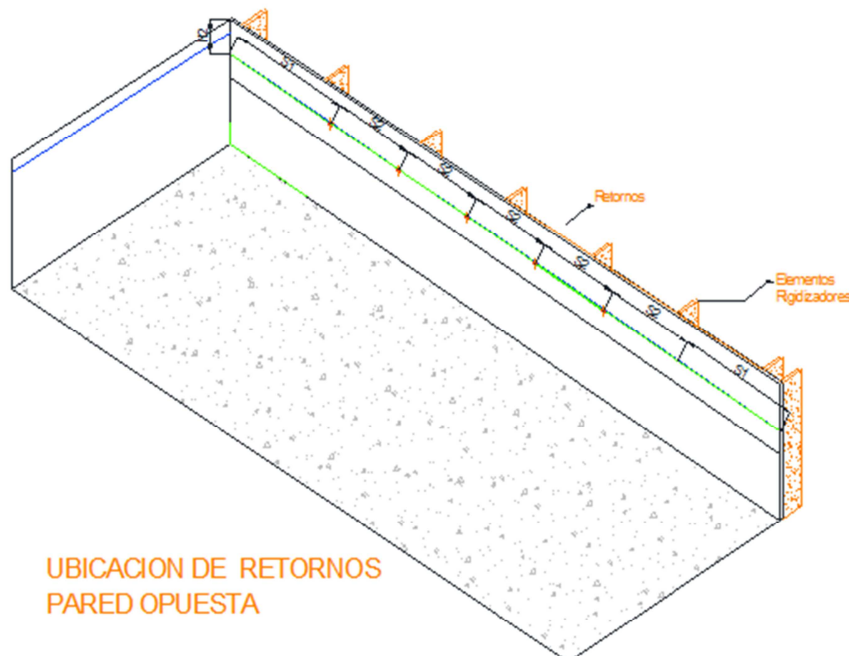
✓ **Posicionamiento de los retornos de superficie en la pared opuesta de los Skimmers.**

- En este caso, solo calculo la altura de posicionamiento ya que (S1) Y (S2) son los mismos que los retornos de fondo.

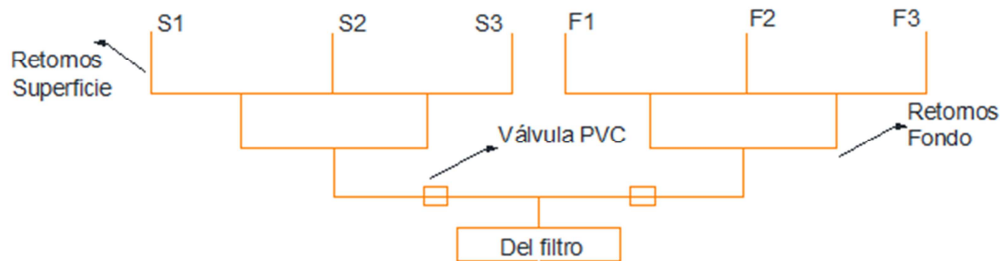
$$H2 = (\text{al nivel del agua exacto o promedio}) + 20 \text{ cm}$$

El nivel del agua estará a 12 cm por debajo de la coronación de la piscina.

$$H2 = 12 + 20 = 32 \text{ cm}$$



- ✓ **La conexión de los elementos hidráulicos se lo realizara como se muestra en el siguiente esquema.**



Retornos de superficie (S1-S2-S3) y retornos de fondo (F1-F2-F3).

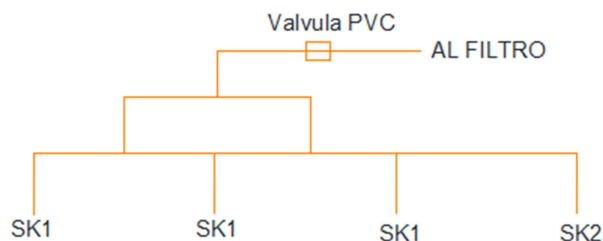
NOTA:

Con esa distribución se tratara de que el caudal de agua filtrada sea enviado de forma equitativa a cada una de las boquillas.

Por lo cual el curso de agua debe tener el mismo número de desviaciones, longitudes y secciones.

En este cálculo se omite el hecho de que las boquillas de fondo deben vencer mayor resistencia que las de superficie.

✓ **Esquema para los SKIMMERS.**



Del esquema anterior de la piscina el objetivo de la posición de los SKIMMERS y de los RETORNOS DE FONDO y SUPERFICIE es:

- Mediante la succión de los SKIMMERS generamos un sentido de movimiento del agua horizontal hacia estos.
- Mediante la succión sumidero de fondo generamos un sentido de movimiento del agua vertical débil hacia este.



- Mediante la impulsión del agua regenerada en superficie dirigimos el agua hacia los SKIMMERS.
- Y mediante la impulsión del agua regenerada en fondo y aprovechando la pendiente de la piscina dirigimos el agua hacia la pared opuesta.

CALCULO DEL CICLO DE RECIRCULACION

Como se menciona anteriormente el ciclo de recirculación es el tiempo que tarda el equipo de filtración en hacer pasar un volumen completo de agua de la piscina por el mismo.

Como se expuso anteriormente el ciclo de recirculación es dependiente por orden de prioridad de: uso de la piscina, entorno de la piscina, tipo de piscina, hidráulica de la piscina, medio filtrante, calidad del agua y otros factores que influyen en menor medida por lo que los descartamos aquí.

▪ Uso de la piscina.

Como el uso de nuestra piscina es familiar con una carga familiar de cinco personas y de un baño por día tomaremos un valor de 5. **El valor anterior (5) lo dividimos por el coeficiente 7,6 y el resultado lo redondeamos a la centésima ($5/7.6 = 0.66$) anotamos este resultado donde le corresponde en la tabla.**

▪ Entorno de la piscina

En este caso el entorno es mixto, es decir, una parte de suelo de embaldosado y la otra es con césped, pero no demasiado cerca de la piscina aparte de eso la piscina está construida sobre el terreno original, no existe arboles cerca. **Tomaremos un valor de 4 lo dividimos por el coeficiente 5.8 y el resultado lo redondeamos a la centesima ($4/5.8 = 0.69$), anotamos este resultado donde corresponde en la tabla.**

▪ Tipo de piscina.

En nuestro caso la piscina será del tipo tradicional con Skimmer, le daremos un valor de **3** **Lo dividimos por el coeficiente (6) y el resultado lo ponemos en la tabla ($3/6 = 0.5$).**

▪ Hidráulica de la piscina.

Consideramos que la hidráulica es estándar es decir que disponemos de un buen numero de boquillas de retornos le daremos un valor de **5 el mismo que lo dividimos por el coeficiente de 6.7 ($5/6.7 = 0.75$)**



▪ **Medio filtrante.**

Como medio filtrante seleccionamos un filtro de silex de lecho alto, para obtener una calidad un poco mejorada le daremos un valor de **2 el mismo que lo dividimos por el coeficiente 8.8 y el resultado lo colocamos en la tabla. ($2 / 8.8 = 0.23$)**

▪ **Calidad del agua.**

Para la calidad del agua tomaremos un promedio ni mucho ni poco, **Le daremos un valor de 5 el cual lo dividimos por el coeficiente 3.8 ($5 / 3.8 = 1.33$)**

TABLA PARA EL CÁLCULO DEL CICLO DE RECIRCULACION.

	1 a 10	coeficiente	RESULTADO
Uso de la piscina(1=mucho, 10 poco)	5	7.6	0.66
Entorno piscina(1=agreste, 10 perfecto)	4	5.8	0.69
Tipo de piscina(1=Sk, 10=desbordante)	3	6.0	0.50
Hidráulica (1=simple, 10=avanzado)	5	6.7	0.75
Medio filtrante (1=silex, 10=dual)	2	8.8	0.23
Calidad del agua(1=alto, 10 bajo)	5	3.8	1.32
		$\Sigma =$	4.15 HORAS

Por lo tanto nuestro ciclo de recirculación es de 4.15 horas.

CALCULO DEL EQUIPO DE FILTRACION.

✓ **Calculo del equipo de bombeo.**

▪ **Calculo del volumen del vaso.**

El vaso es de 10*8 m el cual tiene profundidades de agua que varían de 1 a 1.2m. La altura media a los 5 m es de 1.1m por lo que el volumen es:

$$V = 8 * 10 * 1.1 = 88 m^3$$



- **Por lo tanto la capacidad real mínima del equipo de filtración por hora es:**

$$Q = V / (\text{ciclo de recirculacion})$$

$$Q = \frac{88}{4.15} = 21.20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esta es la capacidad real de nuestro equipo de filtración.

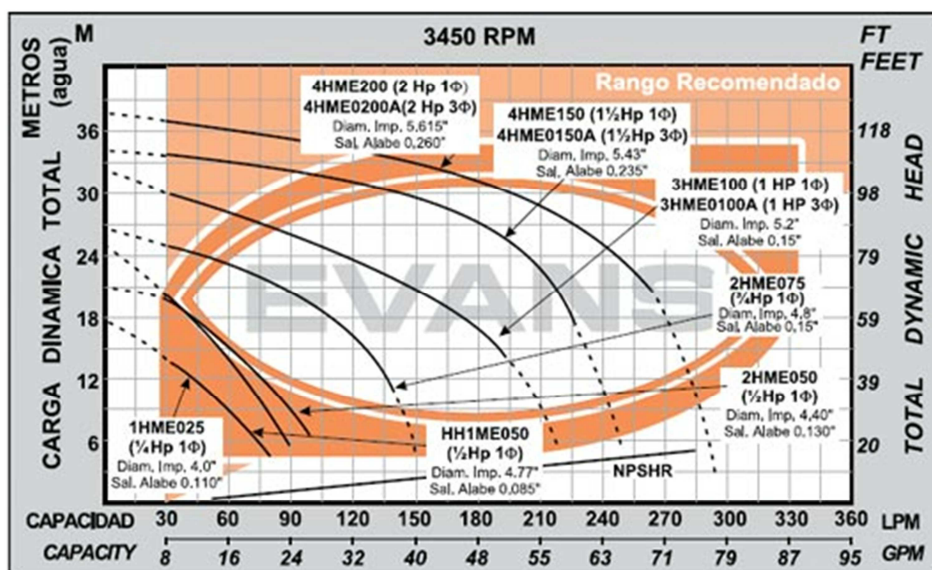
RECOMENDACIÓN:

Remarcando lo de (real) ya que es muy importante entender que las características dadas por los fabricantes son muy optimistas y dichos ensayos son realizados en laboratorios es decir con todas las comodidades y el máximo de posibilidades de que todo salga bien.

Por lo tanto las características de la BOMBA que se deberán tomar en cuenta serán las de las **TABLAS DE CARACTERISTICAS Y CURVAS DE RENDIMIENTO** que suelen tener los catálogos o fichas técnicas. [16]

La carga manométrica producida por la fricción con las tuberías y accesorios (curvas, codos ,etc) mas lapenetracion en las arenas estará en el orden de 2.5 a 10 mca o lo que es lo mismo 0.25 a 1 Kg/cm²

La curva de rendimiento que se muestra a continuación fue tomada de HIDROMERCADO EN ECUADOR.



Con los datos de capacidad ($21.20 \text{ m}^3/\text{h} = 93.5 \text{ GPM}$) Y la carga dinámica total de 10 mca escogemos la siguiente bomba.

4hm200(2Hp 1Φ)

4HME0200A

Con las siguientes características:

Usos

La solución para el abastecimiento de agua en casas, departamentos, granjas pequeñas, etc.

Beneficios

- Ahorro de energía eléctrica.
- Abastecimiento seguro de agua.
- Protección termica.
- Durable por su material de hierro fundido.

MOTOR:

Eléctrico 2 Polos R.P.M. 3450

VOLTAJE:

Monofásico 127/220 V

*Trifásico 220/440 V

MATERIAL:

Cuerpo: Hierro Gris

Impulsor: Nylon / Noryl

Sello Mecánico:

Cerámica/Carbón/A.Inox./Buna

CALCULO DEL FILTRO [15]:

Para el cálculo se parte del caudal impulsado por la bomba y de la velocidad de filtración a la que se desea trabajar.



Se recomienda una velocidad máxima de filtración **50 m³/h/m²** o lo que es lo mismo por cada m² de superficie de filtrante interna del filtro circulara **50m³/h de agua**

Para nuestra piscina elegimos el sistema de filtración de silex de arena por ser el sistema mas económico. Y que trabaja con la eficiencia necesaria para nuestros fines.

RECOMENDACIONES PARA LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN	
Calidad baja, filtración critica	50m ³ /h/m ²
Calidad aceptable-filtración buena	40m³/h/m²
Calidad excelente	30m ³ /h/m ²
Calidad superior	≤ 30m ³ /h/m ²

La velocidad de filtrado tomada para el cálculo del sistema de filtración es de **40m³/h/m²**.

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{21.20}{40} = 0.53m^2$$

$$\pi * \frac{d^2}{4} = 0.53 m^3$$

$$d = 0.822m = 822 mm$$

Escojo un filtro que me dé un diámetro de 822 mm o un área de filtrado de 0.53m².

Diámetro de tuberías de conexión [13]

Recomendaciones:

Aspiración: Velocidad 1.2 m/s

Impulsión: Velocidad 2 m/s

Con estos datos se acude a cualquier gráfico de pérdidas de carga en tuberías de PVC, mostradas a continuación, para obtener el diámetro, ajustando dicho diámetro a los diámetros comerciales.



PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS DE PVC

En función del caudal que queremos conducir, la tabla nos define el diámetro nominal de la tubería que debemos utilizar y las pérdidas de carga que se van a producir (en m.c.a. por 100 metros de tubería).

PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS DE PVC (Tablas de aproximación)			
Ø	m³/h	P. nominal 6 atm. m.c.a por 100 m de tubería.	P. nominal 10 atm. m.c.a por 100 m de tubería.
20	1,00	6,00	6,20
	0,75	3,50	3,90
	0,50	1,50	1,70
25	2,50	10,00	
	2,00	8,00	9,00
	1,50	4,50	5,50
	1,00	2,20	2,60
	0,50		0,60
32	3,70	6,00	
	3,00	5,00	7,00
	2,50	4,00	4,50
	2,00	2,50	3,00
	1,50		1,60
40	6,00	5,50	
	5,00	4,50	5,00
	4,00	2,80	3,00
	3,00	1,60	1,80
50	8,50	4,20	
	7,50	3,00	3,50
	6,00	1,70	2,00
	5,00	1,30	1,50
63	16,00	3,00	
	13,00	2,00	2,50
	10,00	1,40	1,70
	8,00	1,00	1,20
75	24,00	3,00	
	20,00	2,10	
	18,00	1,90	2,20
	16,00	1,40	1,70
	15,00	1,20	1,50
	12,00	0,90	1,10
90	32,00	1,80	
	25,00	1,30	1,50
	20,00	0,80	1,00
	15,00	0,50	0,60

Con lo que se obtiene una pérdida de carga de 3mca por 100m de tubería, los catálogos nos dan una tubería de 90mm.

Número de impulsiones según el caudal a impulsar y la capacidad de impulsión de cada boquilla.

$$\# \text{ boquillas} = \frac{\text{Caudal impulsor}}{\text{Caudal de una boquilla}}$$

$$6 = \frac{21.20/2}{Q_{\text{boquilla}}} = 1.77 \text{ m}^3/\text{h}$$

El caudal impulsor se divide para 2 puesto que son dos retornos de superficie y fondo, cada uno consta de 6 boquillas.

Diámetro de tuberías de impulsión [13]

Tuberías de fondo

Usamos las tuberías comerciales de 6 atm, con el caudal del agua a re-circular, sabiendo por la norma anotada anteriormente que por el sumidero de fondo ha de ir el 30% del caudal (6.36m³/h), con una velocidad de 1.2m/s, asumiendo pérdidas por accesorios de 3mca, de acuerdo a la longitud de la tubería, se tiene un diámetro de 50mm

**Diámetro de tuberías en skimmers [13]**

Se utiliza el 70% del caudal de la bomba, y para las dos ramificaciones tenemos un caudal de 1.85m³/h, lo cual nos da una tubería de 25mm con pérdidas de 8mca por 100m de tubería.

RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS
Piscina de 88 m ³
ciclo de recirculación 4.15h
Bomba de 21.20m ³ /h(10mca y filtrado de silex de 822mm o 0.53m ³)
Velocidad de filtración 40m ³ /h/m ²
Numero de skimmers (4)
boquillas de retorno (12)
Diámetro de tuberías de conexión (90mm)
Diámetro de tuberías de impulsión(50mm)
Diámetro de tuberías en skimmers (25mm)



CAPITULO 5

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

La falta de desarrollo en la construcción y ejecución de piscinas de ferrocemento en nuestro país, hace que la información acerca de este tema sea escasa y solo se remita a mostrar unos pocos ejemplos de prueba que se han hecho en el país, específicamente a lo largo del desarrollo de la presente monografía, se han encontrado construcciones de este tipo en la provincia de Esmeraldas y Manabí, pero con la limitante que no se dan detalles específicos del diseño, cálculo y ejecución de dichas obras. Conocida esta limitante y luego de haber analizado la bibliografía pertinente al tema, se puede concluir que las experiencias obtenidas en Cuba, son perfectamente aplicables en cuanto al diseño y ejecución de piscinas de ferrocemento.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- La construcción de piscinas de ferrocemento, resulta ser una alternativa viable, siempre que se tengan en cuenta las recomendaciones dadas para el diseño, y aplicando un estricto control de calidad, en la fase ejecución de este tipo de obras.
- La ejecución de obras en ferrocemento se puede masificar, en países en vías de desarrollo ya que la mano de obra, siendo el rubro de mayor importancia en la ejecución del ferrocemento, es barata, no así en países desarrollados, donde la mano de obra es un rubro de alto costo, lo que hace que este tipo de obras se utilicen solo en casos puntuales.
- Como pudo observar en el presente documento, por la ubicación de nuestro país dentro del mapa sísmico, consideraciones acerca de este tipo de fuerzas deben hacerse de manera obligatoria.
- La prefabricación de este tipo de estructuras, es viable y es la manera más adecuada de ejecutarlas, esta sistematización se traduce en ahorro de recursos, tanto en mano de obra como en tiempo.
- Los cálculos hidráulicos aplicados a piscinas de hormigón armado, son perfectamente aplicables para piscinas de ferrocemento.

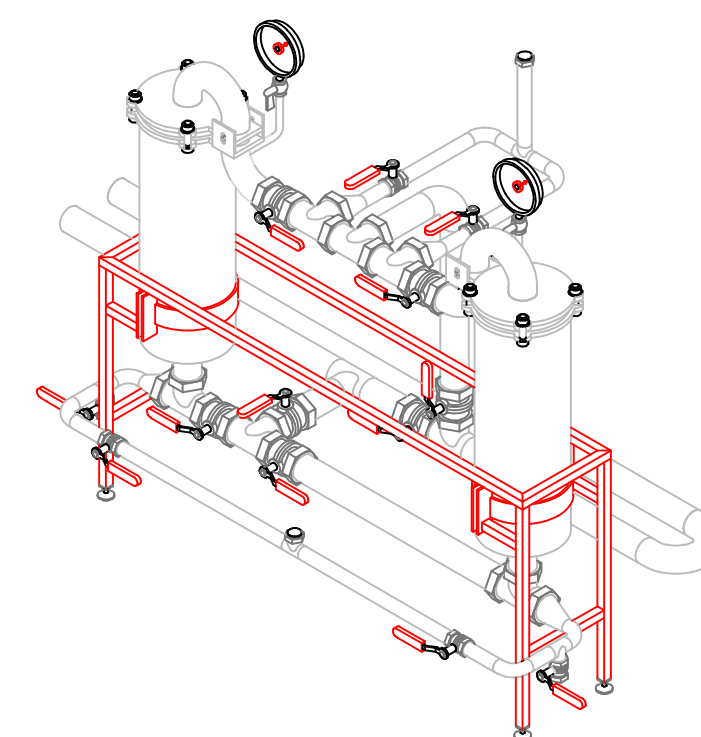
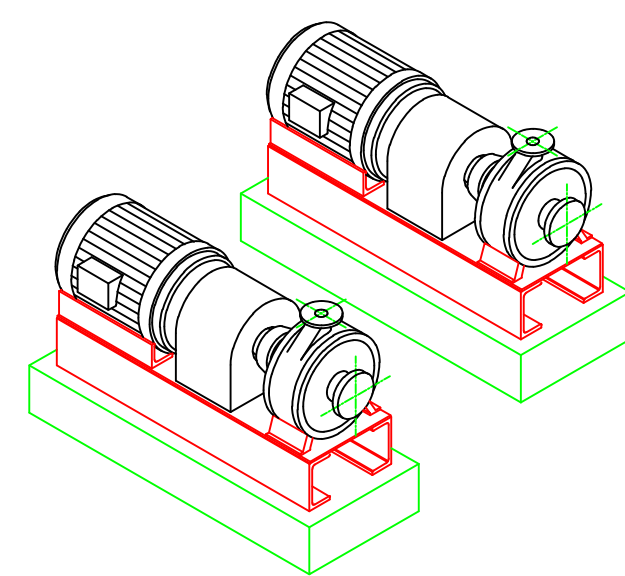
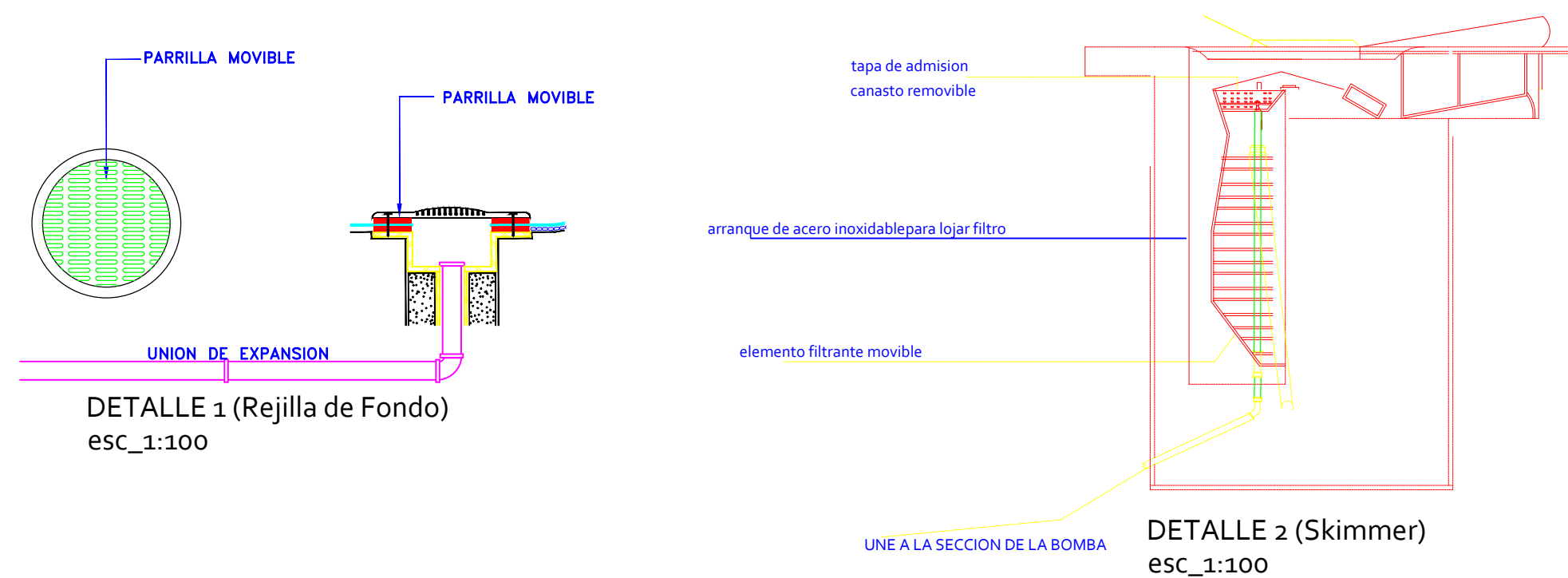
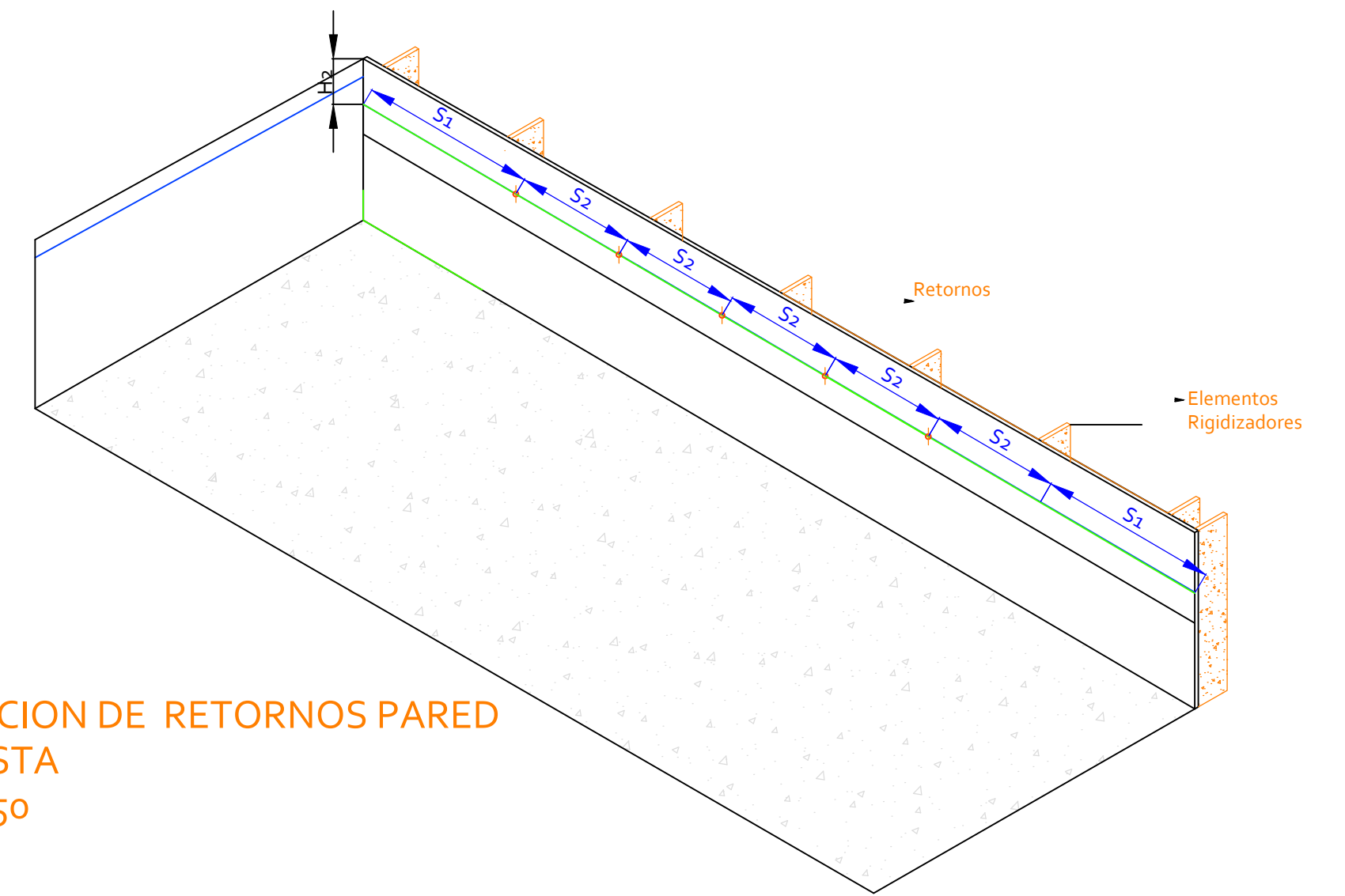
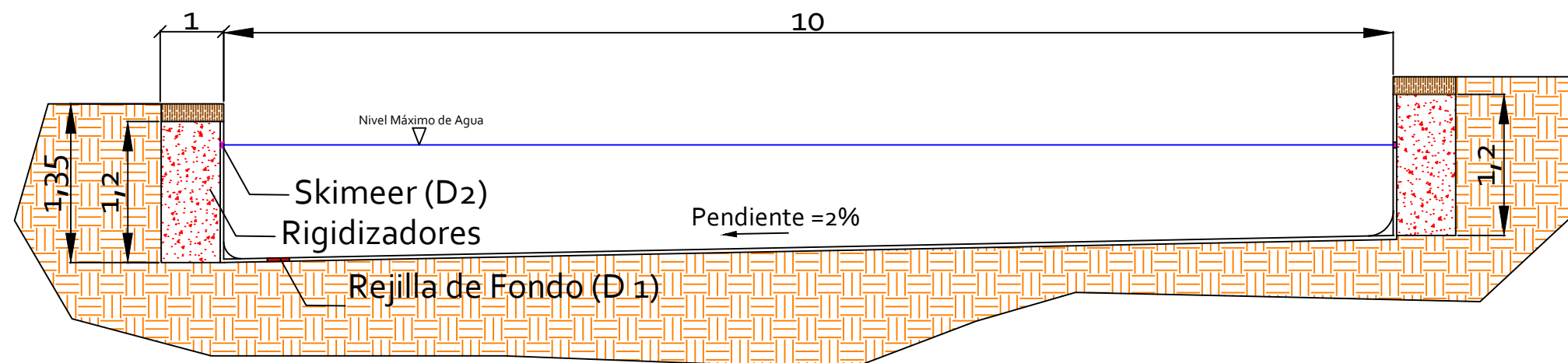
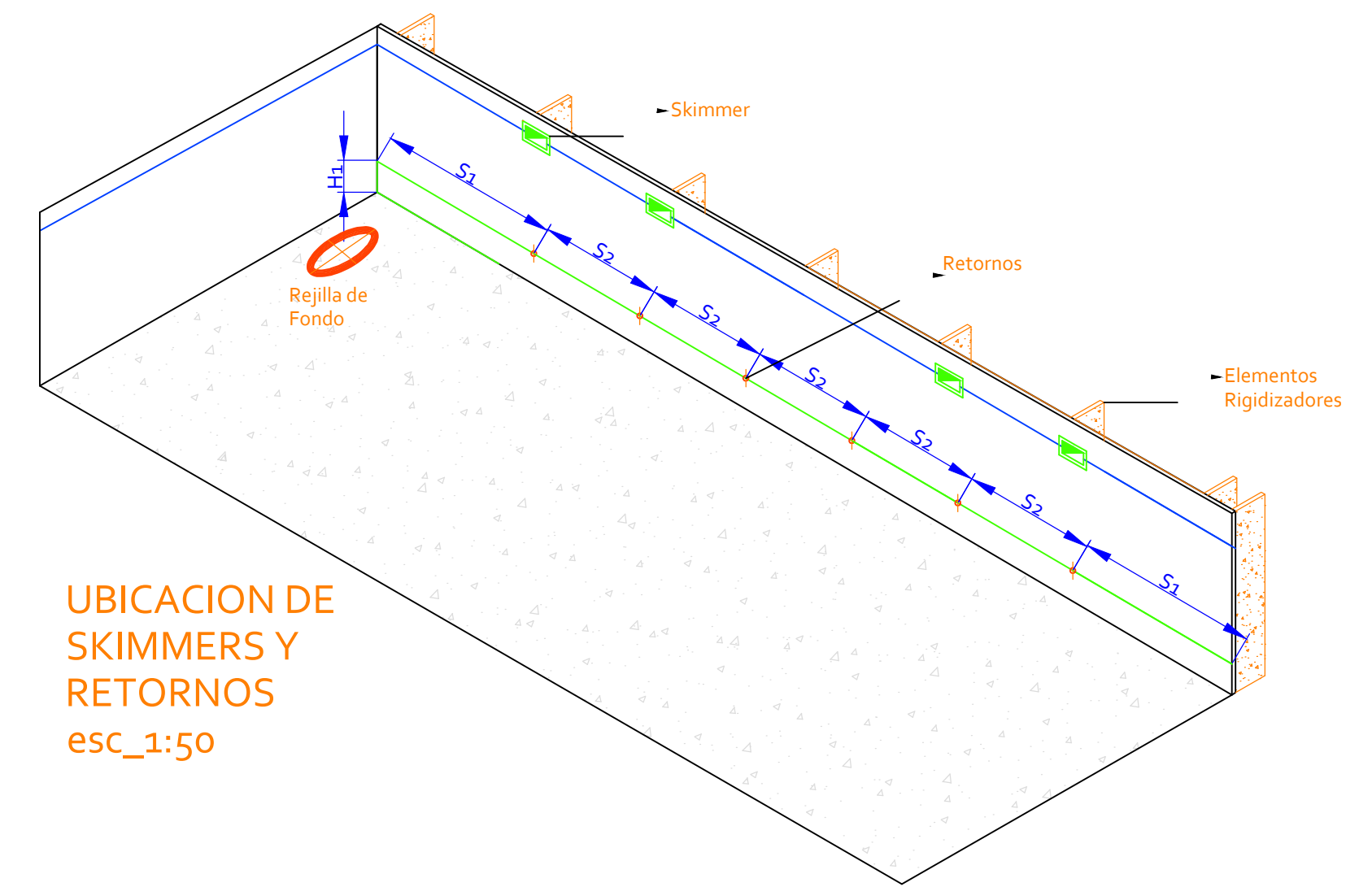
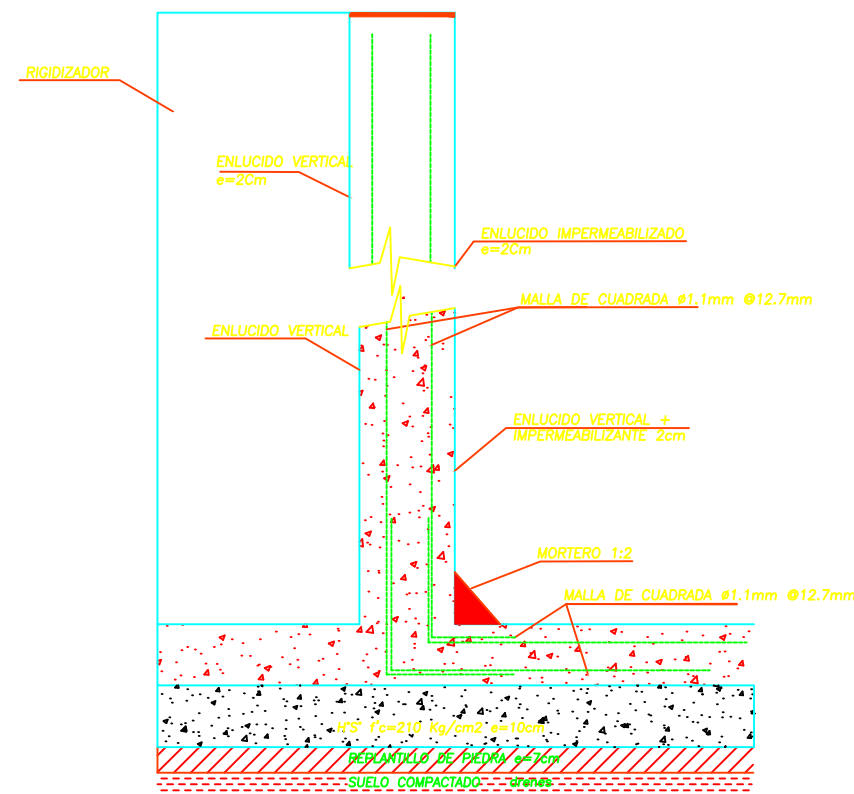
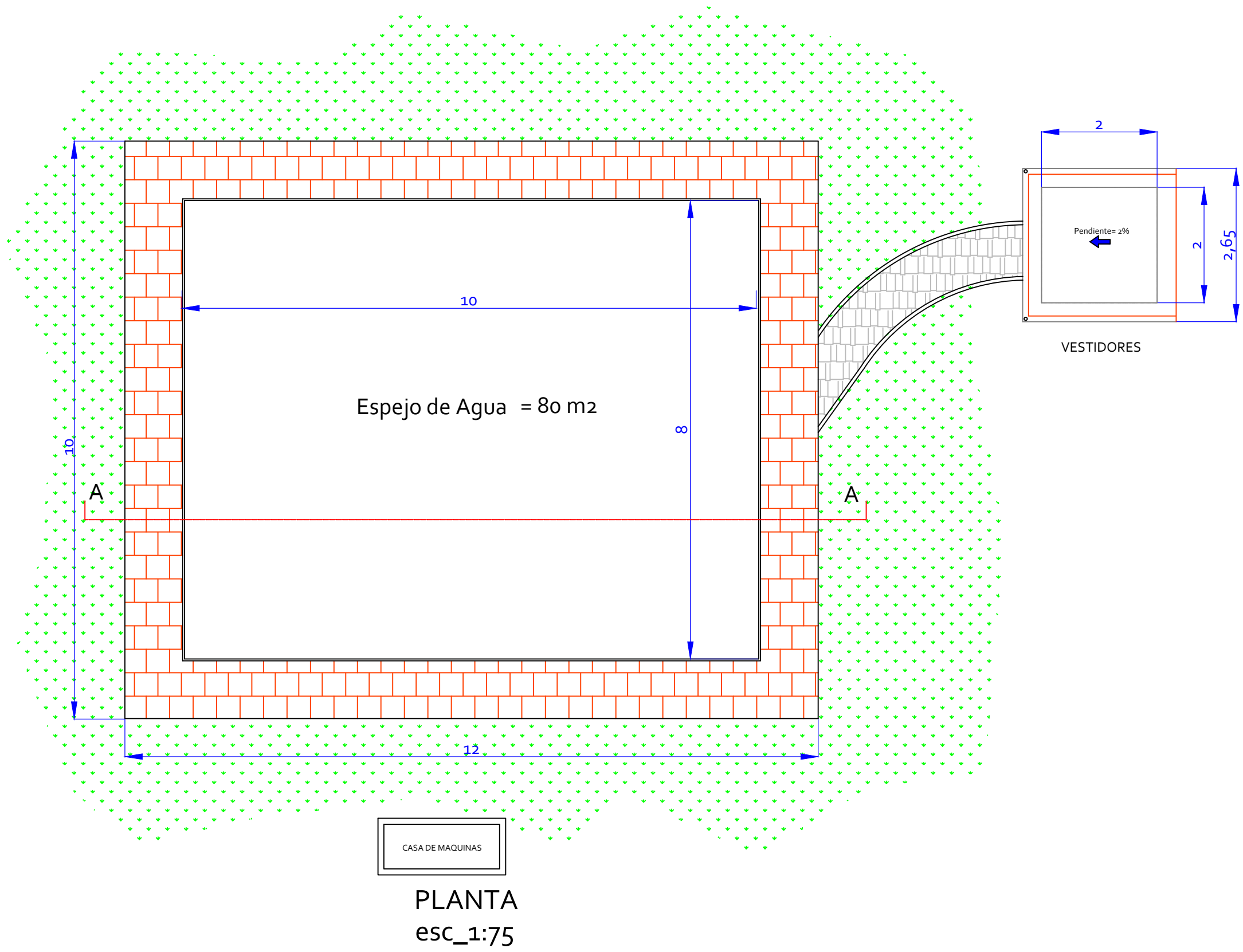


BIBLIOGRAFIA

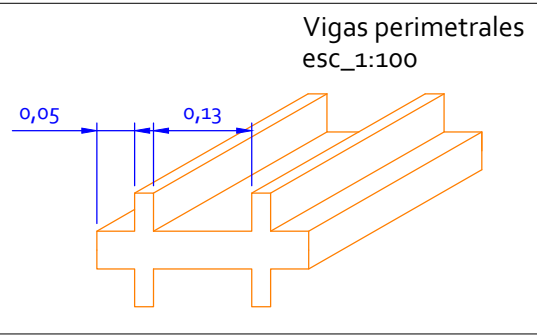
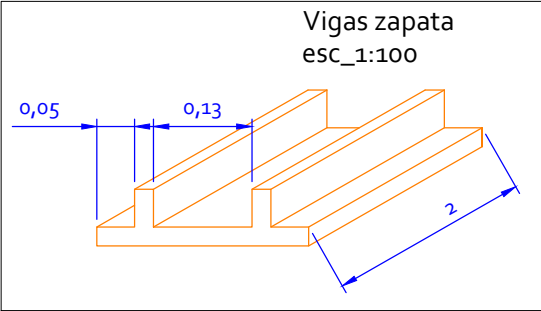
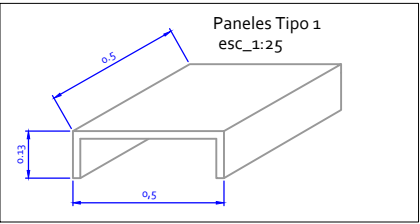
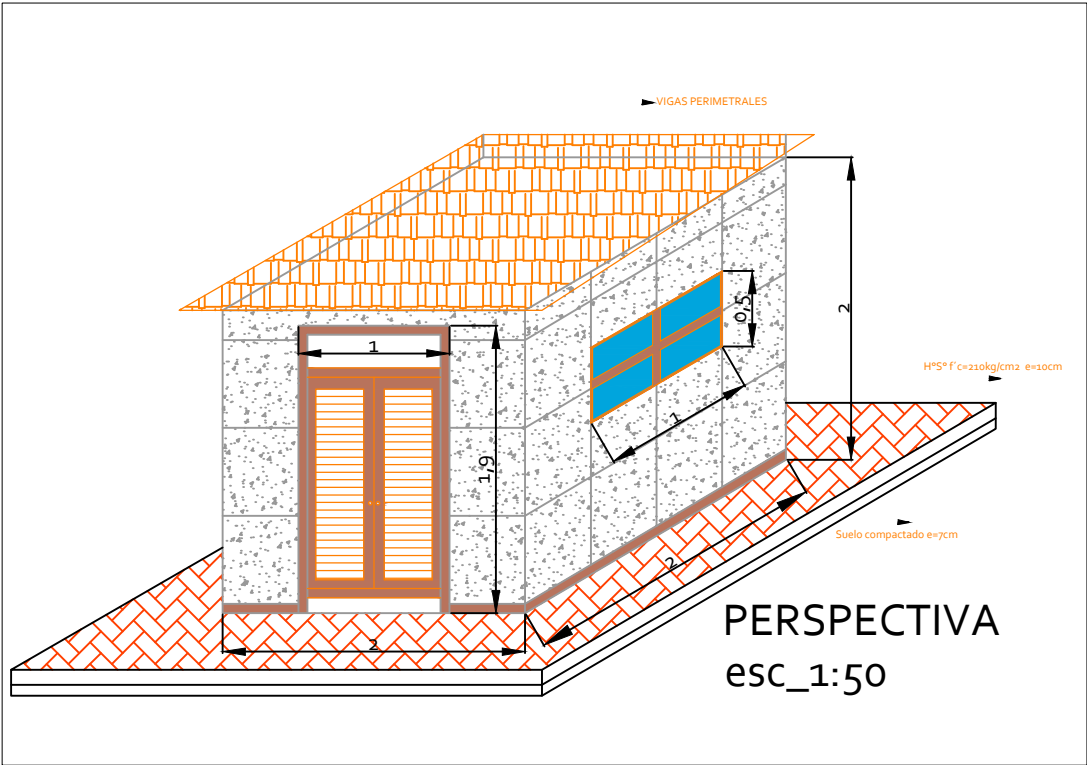
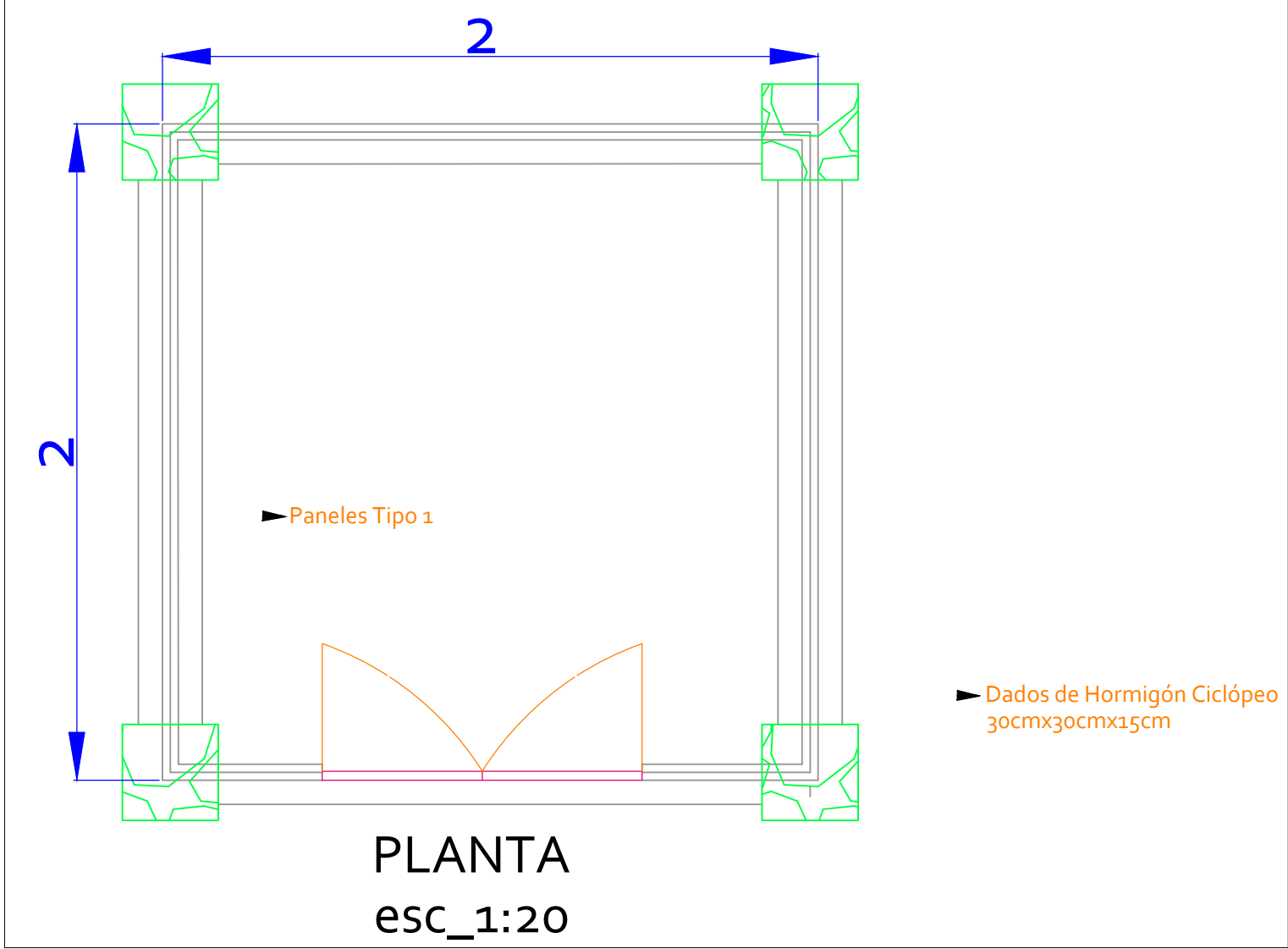
- [1] ACI Comité 449. State-of-the-Art Report on Ferrocement. Última revisión 1997.
- [2] Wainshtok, H. Ferrocemento. Diseño y construcción. Ed. Félix Varela. La Habana, 1992, 1ª edición. Riobamba, 2004, 4ª edición.
- [3] <http://urzainqui.galeon.com/productos1498127.html>
- [4] <http://www.filtragua.com/html/hidraulica.htm>
- [5] <http://www.hthclorotec.com.ar/guia01.html>
- [6] <http://www.hthclorotec.com.ar/pileta-clorotec.html>
- [7] <http://www.scribd.com/doc/54243043/15/BOMBAS>
- [8] Apuntes de clase, cátedra FERROCEMENTO dictada por el Ing. Hugo Weinshtok R
- [9] Portland Cement Association: Circular Concrete Tanks Without Prestressingy Rectangular Concrete Tanks
- [10] Roger Westbrook The Design of Water-Retaining Structures, Ian Batty y Roger Westbrook, 3ª Edición, 1974 John Wiley & Sons
- [11] ACI Comité 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95)
- [12] ACI Comité 350 Estructuras Sanitarias de Concreto para el Mejoramiento del Ambiente.
- [13] Juan de Cusa. Piscinas. (27ª Edición; Perú: Editorial Ceac, S.A.) 1996. pp. 15,205,284.
- [14] Tom Cowan y Jack Maguire. "Spas & hot tubs", **Revista Creative Homeowner Press**, (1): 15. 1995.
- [15] Elizabeth Hogan. "Swimming Pools", **Revista Sunset**. (1): 20,18. 1990.
- [16] 5. John Corrado. **Consejos y proyectos del Arquitecto para las piscinas**. (1ª Edición; Italia: Editorial De Vecchi, 2000) pp. 101,104,105.



ANEXOS



PROYECTO: MONOGRAFIA PISCINA DE FERROCEMENTO	ESCALA: indica
	FECHA: JULIO/11
PLANO: PLANTA. CORTE. DETALLES UBICACION DE ACCESORIOS BASICOS	1
PROPIEDAD:	



PROYECTO: MONOGRAFIA PISCINA DE FERROCEMENTO	ESCALA: indica
	FECHA: JULIO/11
PLANO: PLANTA Y PERSPECTIVA VESTIDORES	2
PROPIEDAD:	